

2013年9月9日
データ収集技術講演会, 広島工業大学

ロボットミドルウェア標準 RTミドルウェア

(独)産業技術総合研究所
知能システム研究部門
安藤慶昭



つくば研究学園都市



- 東京(秋葉原)から45分
- 1970年代から開発
- 20以上の国の研究機関
- 大学、企業等の研究所
- 20000人以上の研究者
 - 博士7000人以上



産総研

- 独立行政法人産業技術総合研究所
 - 「ライフサイエンス」「情報・通信」「環境・エネルギー」「ナノテク・材料・製造」「地質・海洋」「標準・計測」の6分野
 - 研究者：約2000名
- 知能システム研究部門
 - 「統合知能」「タスクビジョン」「ヒューマノイド」「ディペンダブルシステム」「サービスロボティクス」「フォールドロボティクス」「スマートコミュニケーション」「社会知能」の8グループ、「AIST-CNRSロボット工学連携研究体」「ソフトウェアプラットフォーム研究班」
 - 研究者：約80名



RTコンポーネントの相互利用が可能。
新しいロボットシステムの開発が容易になる。

概要

- RTミドルウェアとは
- プロジェクト・標準化
- RTミドルウェアの展開
- まとめ

RTミドルウェアとは

RTとは?

- RT = Robot Technology cf. IT
 - #Real-time
 - 単体のロボットだけでなく、さまざまなロボット技術に基づく機能要素をも含む (センサ、アクチュエータ, 制御スキーム、アルゴリズム、etc....)

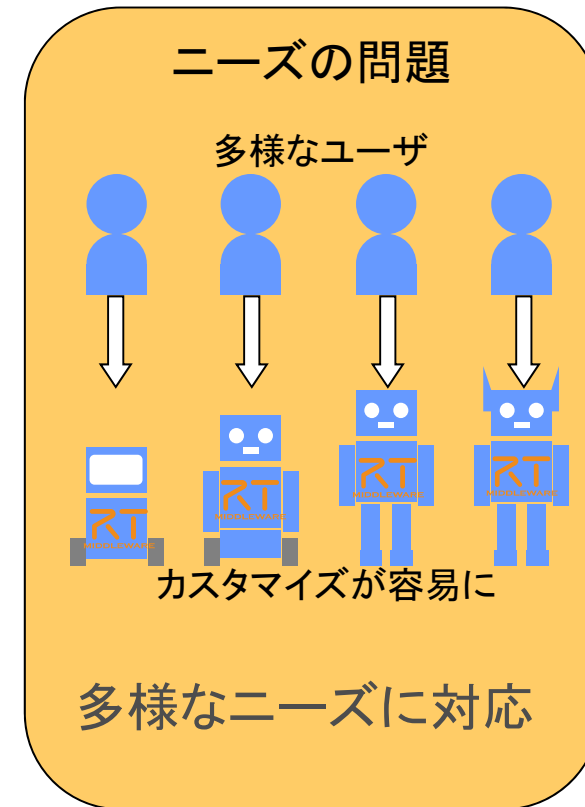
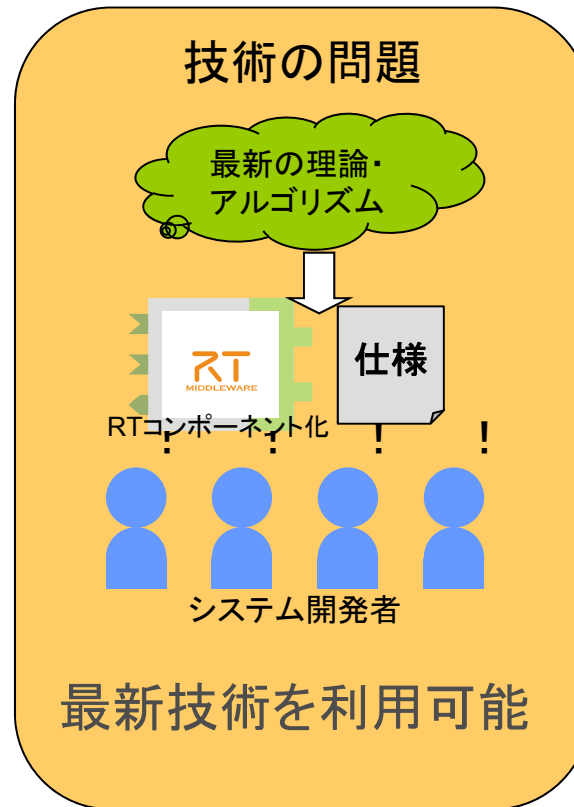
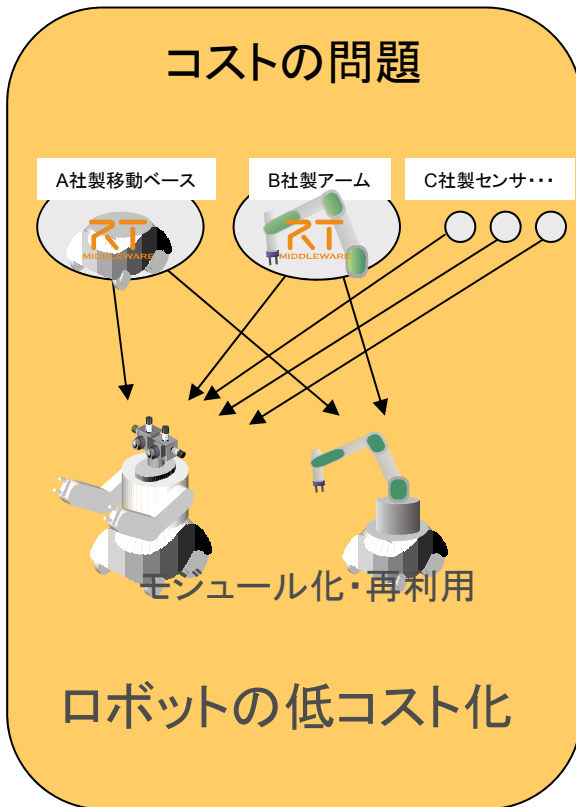
産総研版RTミドルウェア

OpenRTM-aist

- RT-Middleware (RTM)
 - RT要素のインテグレーションのためのミドルウェア
- RT-Component (RTC)
 - RT-Middlewareにおけるソフトウェアの基本単位

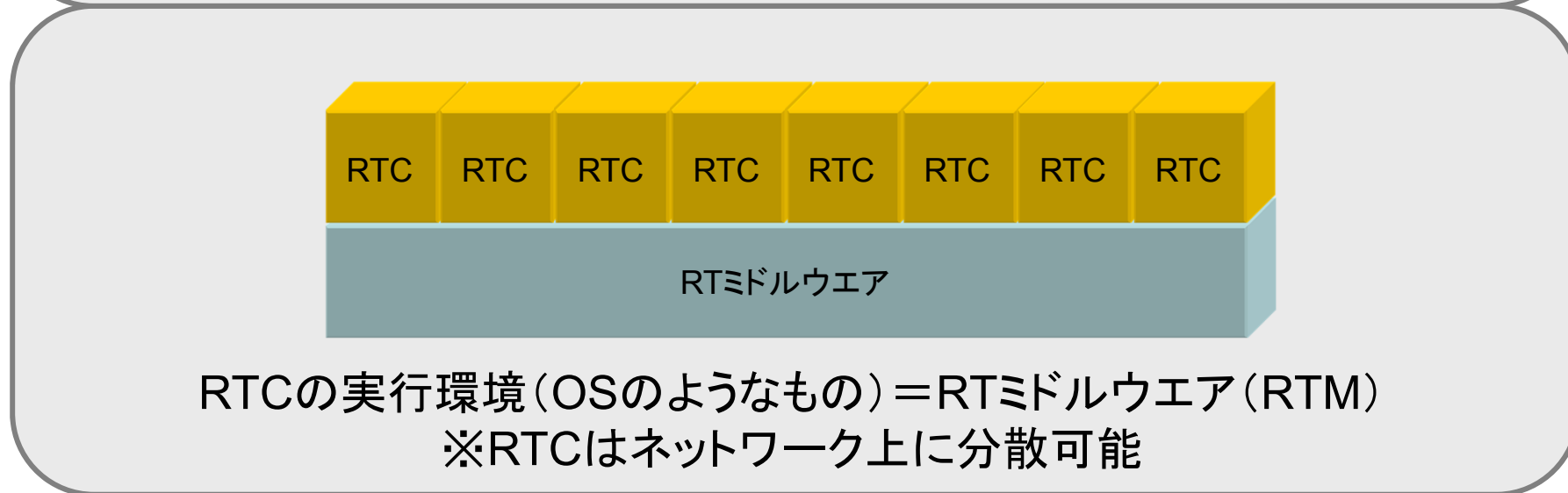
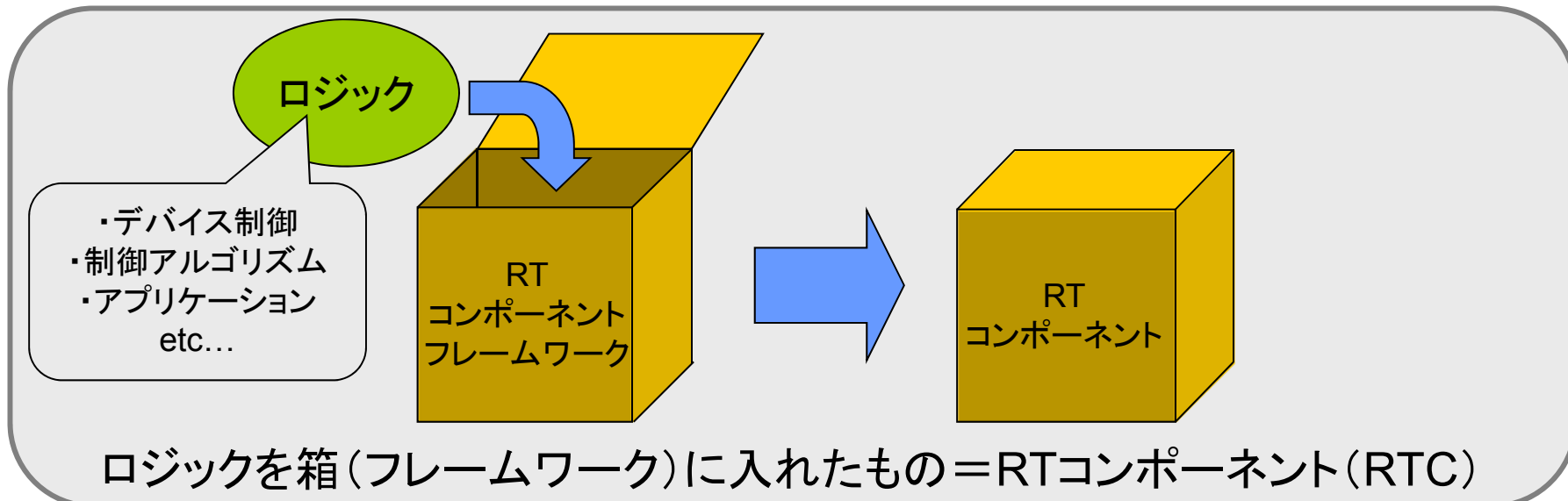
RTミドルウェアの目的

モジュール化による問題解決



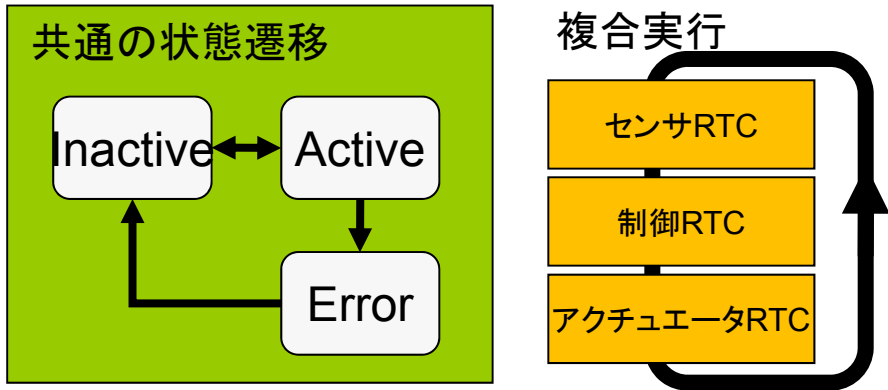
ロボットシステムインテグレーションによるイノベーション

RTミドルウェアとRTコンポーネント



RTコンポーネントの主な機能

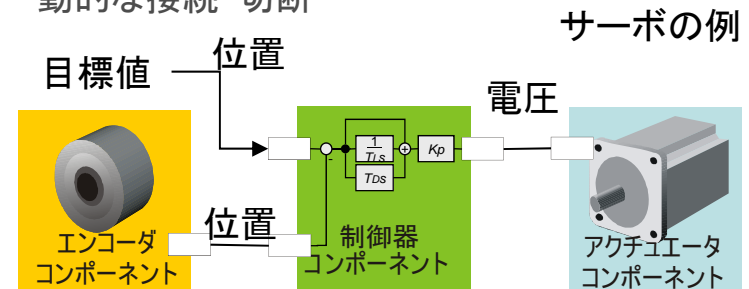
アクティビティ・実行コンテキスト



ライフサイクルの管理・コアロジックの実行

データポート

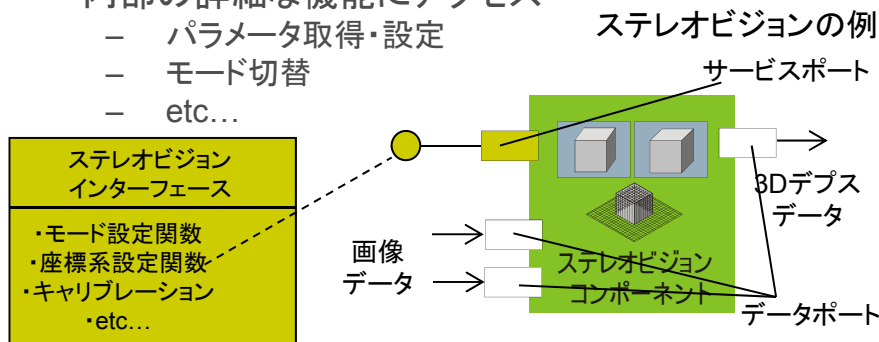
- データ指向ポート
- 連続的なデータの送受信
- 動的な接続・切断



データ指向通信機能

サービスポート

- 定義可能なインターフェースを持つ
- 内部の詳細な機能にアクセス
 - パラメータ取得・設定
 - モード切替
 - etc...

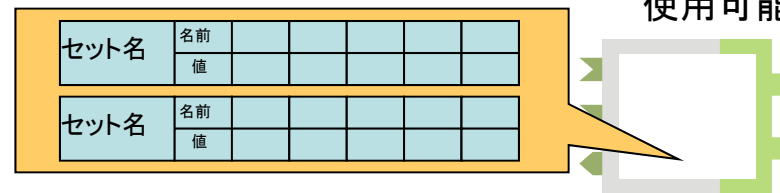


サービス指向相互作用機能

コンフィギュレーション

- パラメータを保持する仕組み
- いくつかのセットを保持可能
- 実行時に動的に変更可能

複数のセットを
動作時に
切り替えて
使用可能



RTCコアロジックの実行

- ・実行コンテキスト(ExecutionContext) = 実行主体 \equiv スレッド
- ・RTコンポーネント \leftrightarrow 実行コンテキスト: 動的に関連付けられる



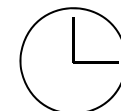
異なる実行コンテキストを関連付けることにより
動作形態を動的に変更できる

外部トリガ実行コンテキスト

- 外部トリガ実行コンテキスト
 - インターフェースを拡張
 - tick() オペレーションをコール
 - ロジックが1tick分だけ進む
- ロジックの実行タイミングを外部から制御
 - シミュレータ
 - デバッガ
 - などに利用可能

シミュレータでは、関連する全コンポーネントの実行タイミングを制御する必要がある

シミュレータ時間

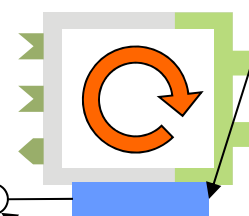


tick!



外部トリガ
実行コンテキスト

tick!

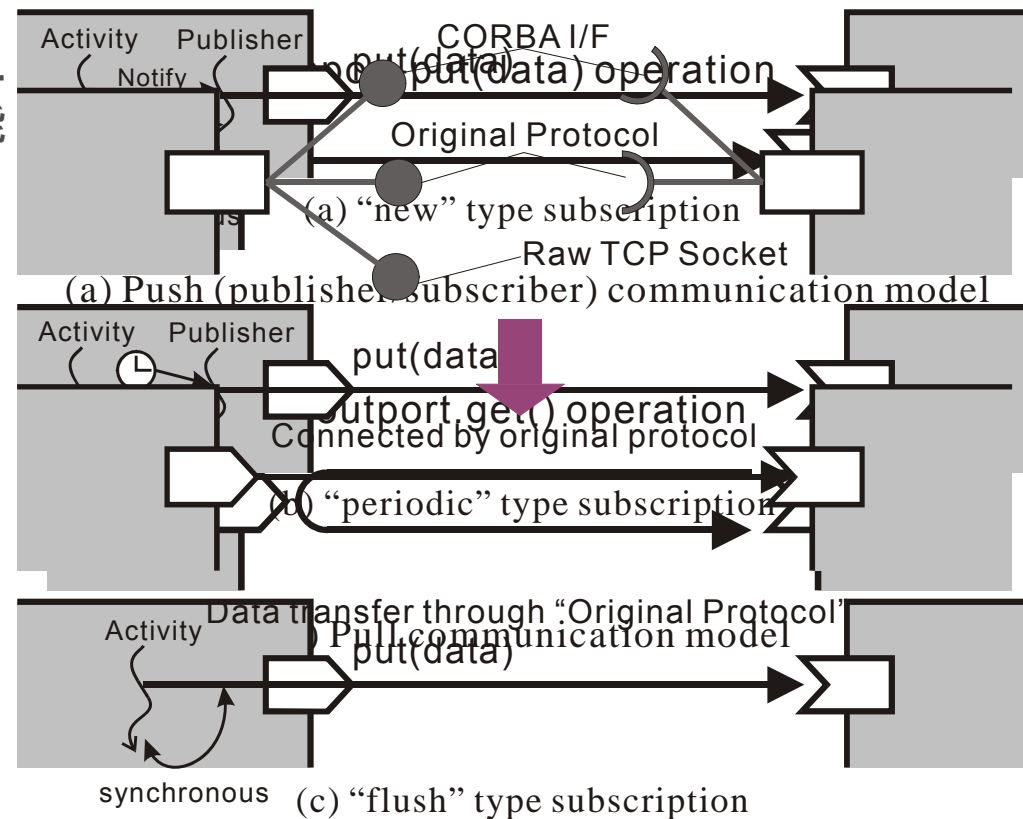


拡張インターフェース

同一のコンポーネントを
実機・シミュレータ両方で利用可能

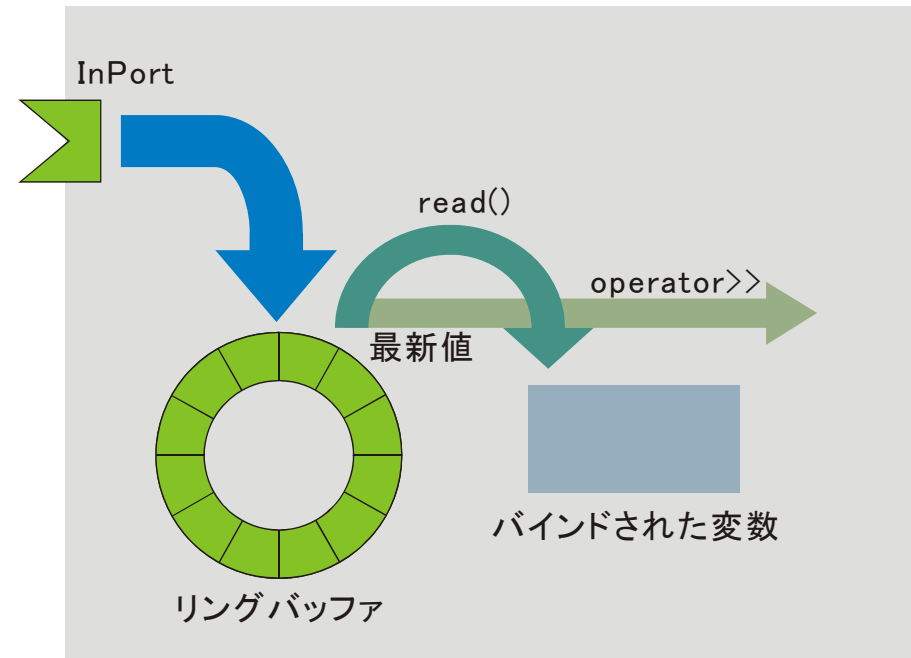
データポート

- データ指向(Data Centric)な
ストリームポート
 - 型: long, double × 6, etc...
 - ユーザが任意に定義可能
 - 出力: OutPort
 - 入力: InPort
- 接続制御(接続時に選択可能)
 - Interface type
 - CORBA, TCP socket, other protocol, etc...
 - Data flow type
 - push/pull
 - Subscription type
 - Flush, New, Periodic

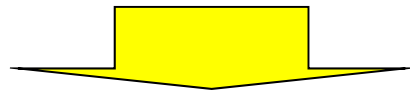


InPort

- InPortのテンプレート第2引数: バッファ
 - ユーザ定義のバッファが利用可能
- InPortのメソッド
 - read(): InPort バッファからバインドされた変数へ最新値を読み込む
 - >> : ある変数へ最新値を読み込む

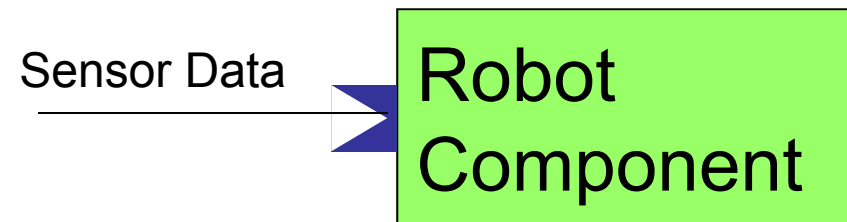


基本的にOutPortと対になる



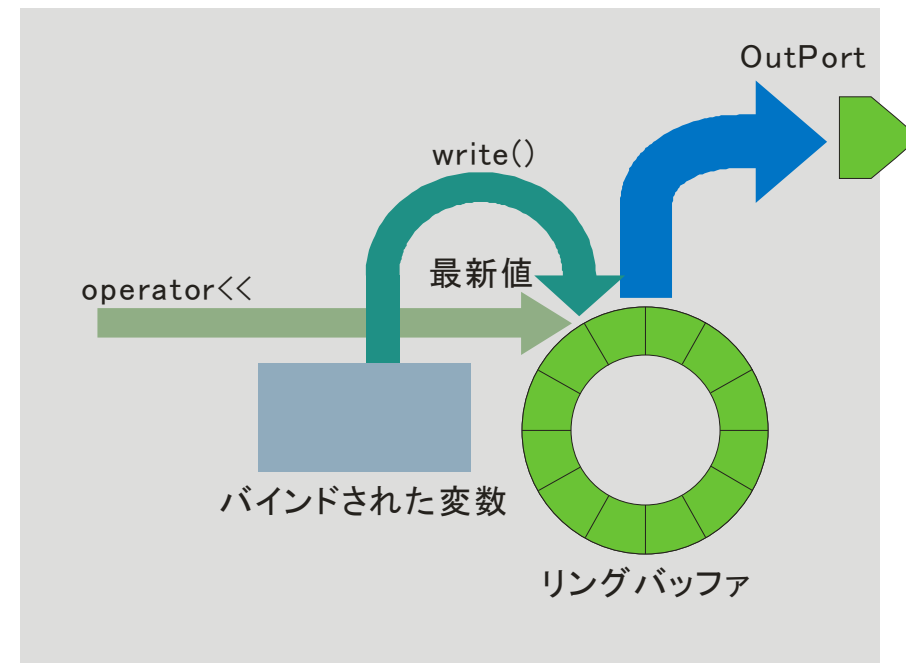
データポートの型を
同じにする必要あり

例

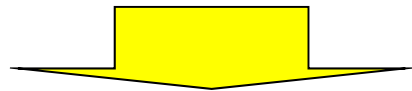


OutPort

- OutPortのテンプレート第2引数:
バッファ
 - ユーザ定義のバッファが利用可能
- OutPortのメソッド
 - write(): OutPort バッファへ
バインドされた変数の最新値
として書き込む
 - >> : ある変数の内容を最新
値としてリングバッファに書き
込む

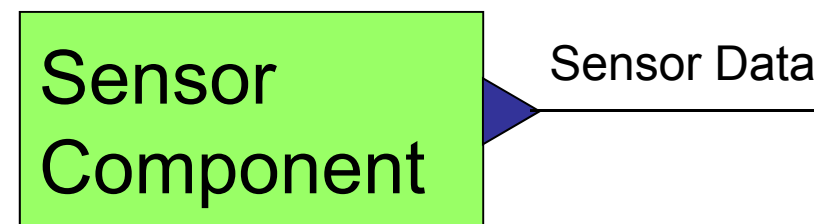


基本的にInPortと対になる



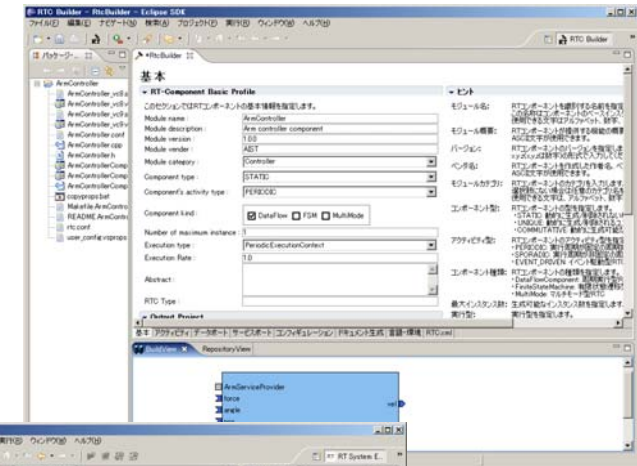
データポートの型を
同じにする必要あり

例

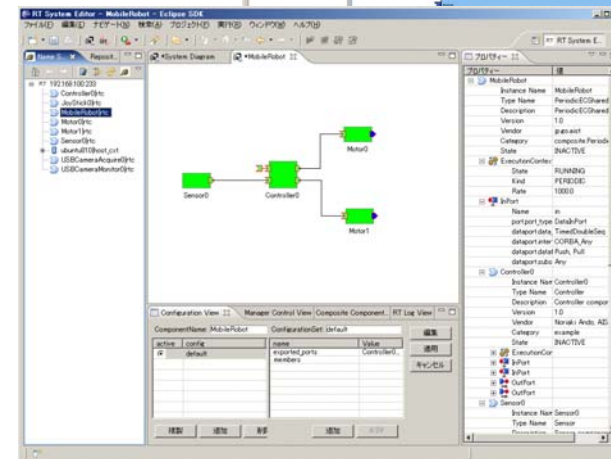


開発環境

- RTCBuilder (GUI版)
- rtc-template (CUI)
 - RTコンポーネントのコードジェネレータ
 - GUI画面で必要事項を入力
 - C++, Python, Java, C#等のコードを自動生成
- RTSystemEditor
 - ネットワーク上のすべてのコンポーネントの操作が可能
 - コンポーネントのON/OFF、パラメータの変更、状態監視
 - コンポーネント間の接続



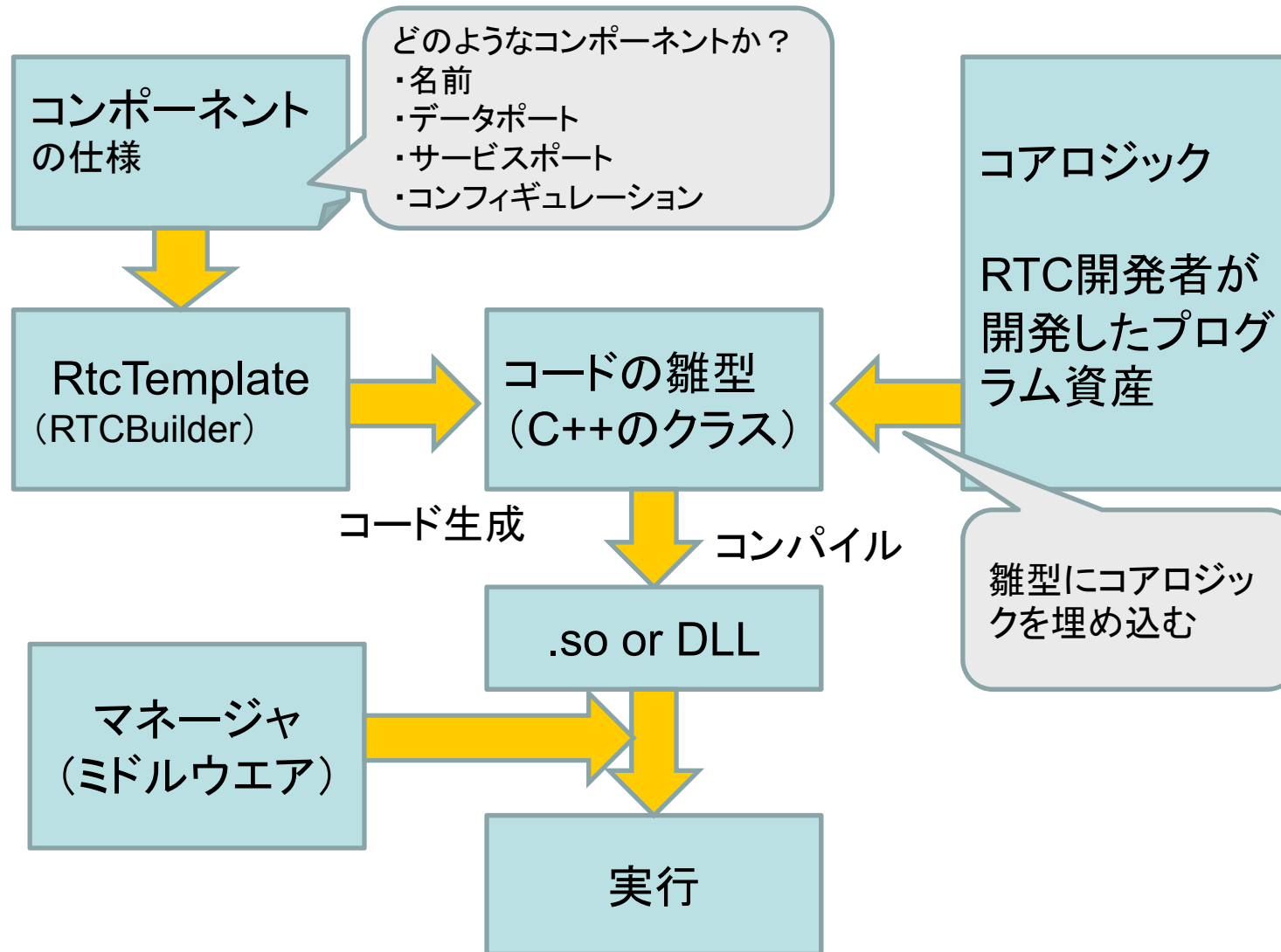
RTCBuilder



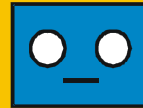
RTSystemEditor

RTC・RTM統合開発環境の整備
 RTC設計・実装・デバッグ、RTMによるインテグレーション・デバッグまでを一貫して行うことができる統合開発環境をEclipse上に構築

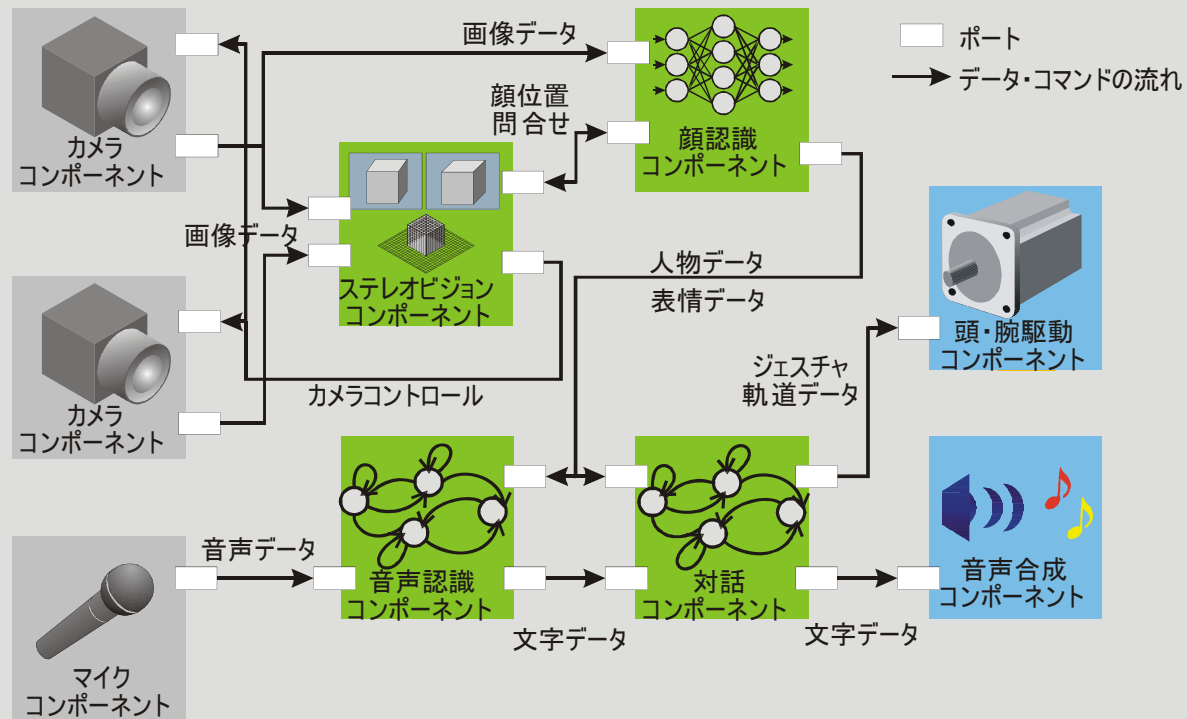
OpenRTMを使った開発の流れ



RTCの分割と連携

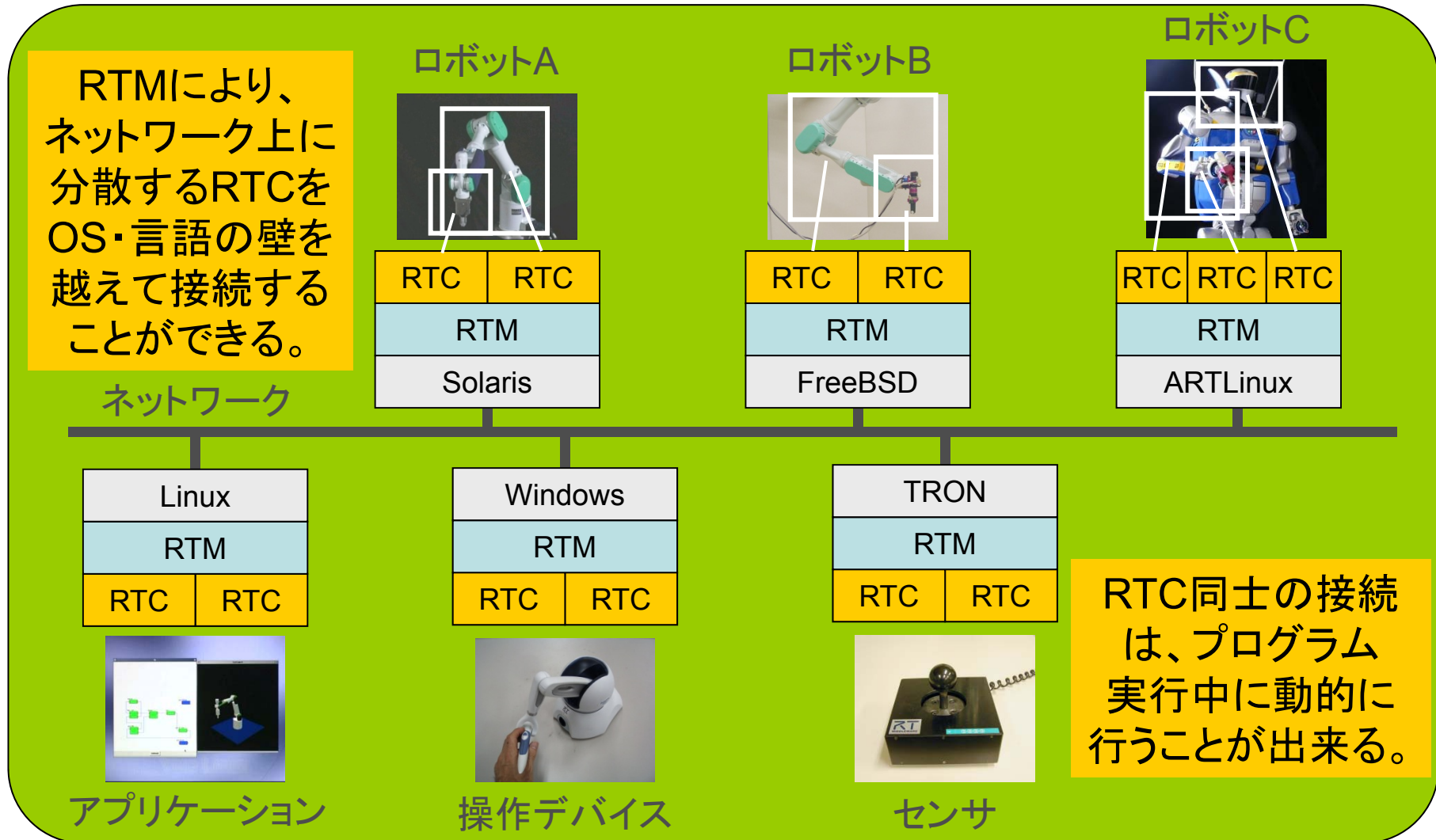


ロボット体内のコンポーネントによる構成例



(モジュール)情報の隠蔽と公開のルールが重要

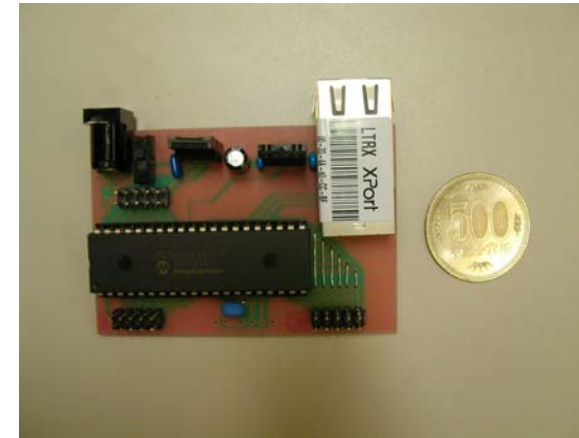
RTミドルウェアによる分散システム



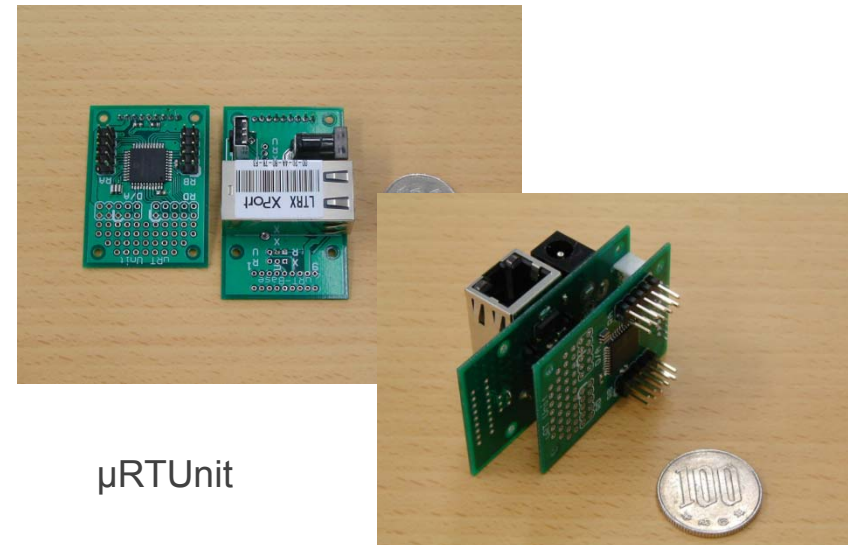
RTUnit(2003年～) /RTC-Lite(2005年～)

- ネットワーク型マイコン機器
 – small/ μ RTUnitをRTMで統合

RTUnit 仕様	
MPU	Microchip PIC16F877A
ROM	8kwords
RAM	368 bytes
EEPROM	256 bytes
クロック	max 20MHz
A/D	10bit × 8ch
DIO	24ch
シリアル	2ch
通信	LANTRONIX XPort
電源	DC 5V

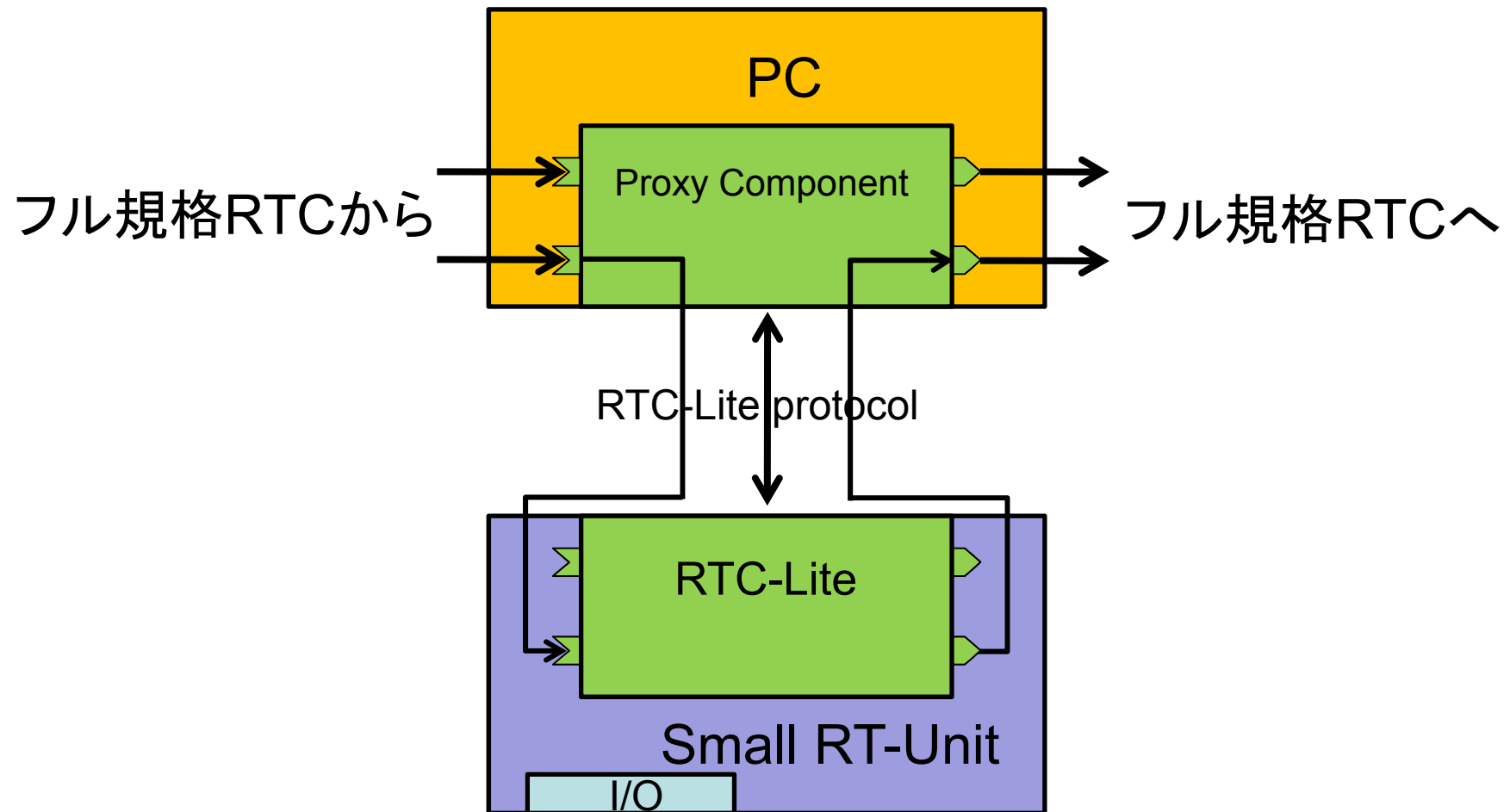


small RTUnit



μ RTUnit

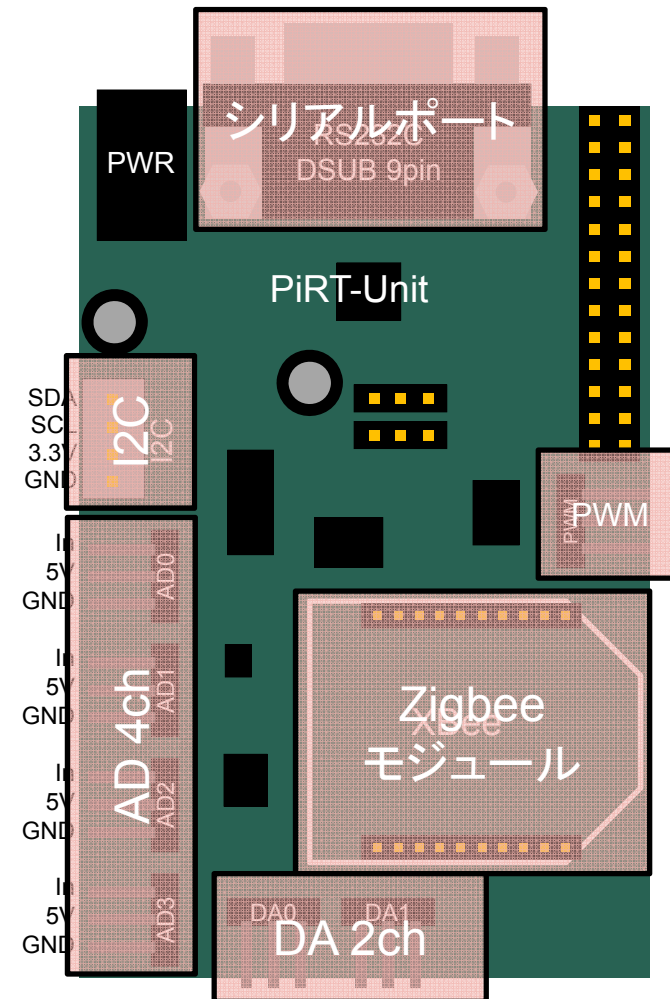
モデルに基づくコード生成



PiRT-Unit

PiRT-Unit諸元	
ADコンバータ	10bit, 4ch, 200S/s
DAコンバータ	12bit, 2ch
PWM出力	1ch, RCサーボモータ用
RS232C	D-SUB 9pinコネクタ Xbeeとジャンパにて切り替え
XBee	Xbeeモジュール接続コネクタ
電源入力	5V DC入力 RaspberryPiへ電源供給可能 RaspberryPiからの電源供給でも動作(例:秋月のアダプタ)

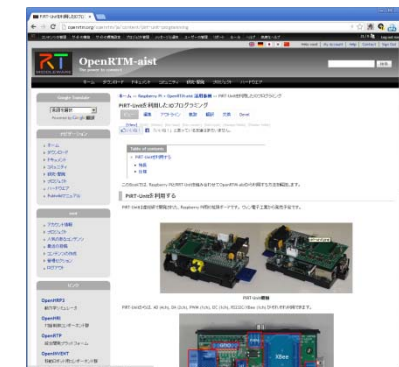
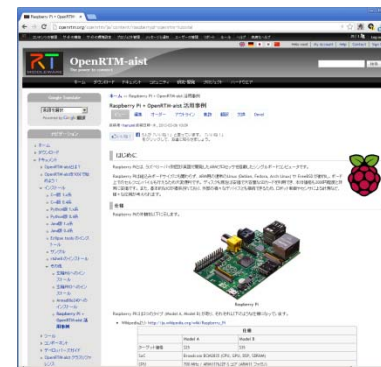
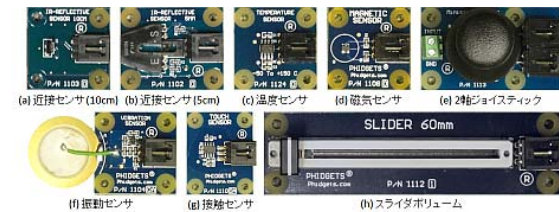
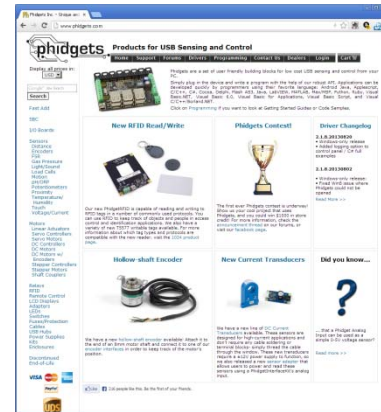
普通のLinuxから普通に触れる入出力ボード
 ・クロスコンパイル不要
 ・マシン語・アセンブリ言語不要
 手軽にセンサ・アクチュエータ等を試せる環境



PiRT-Unit

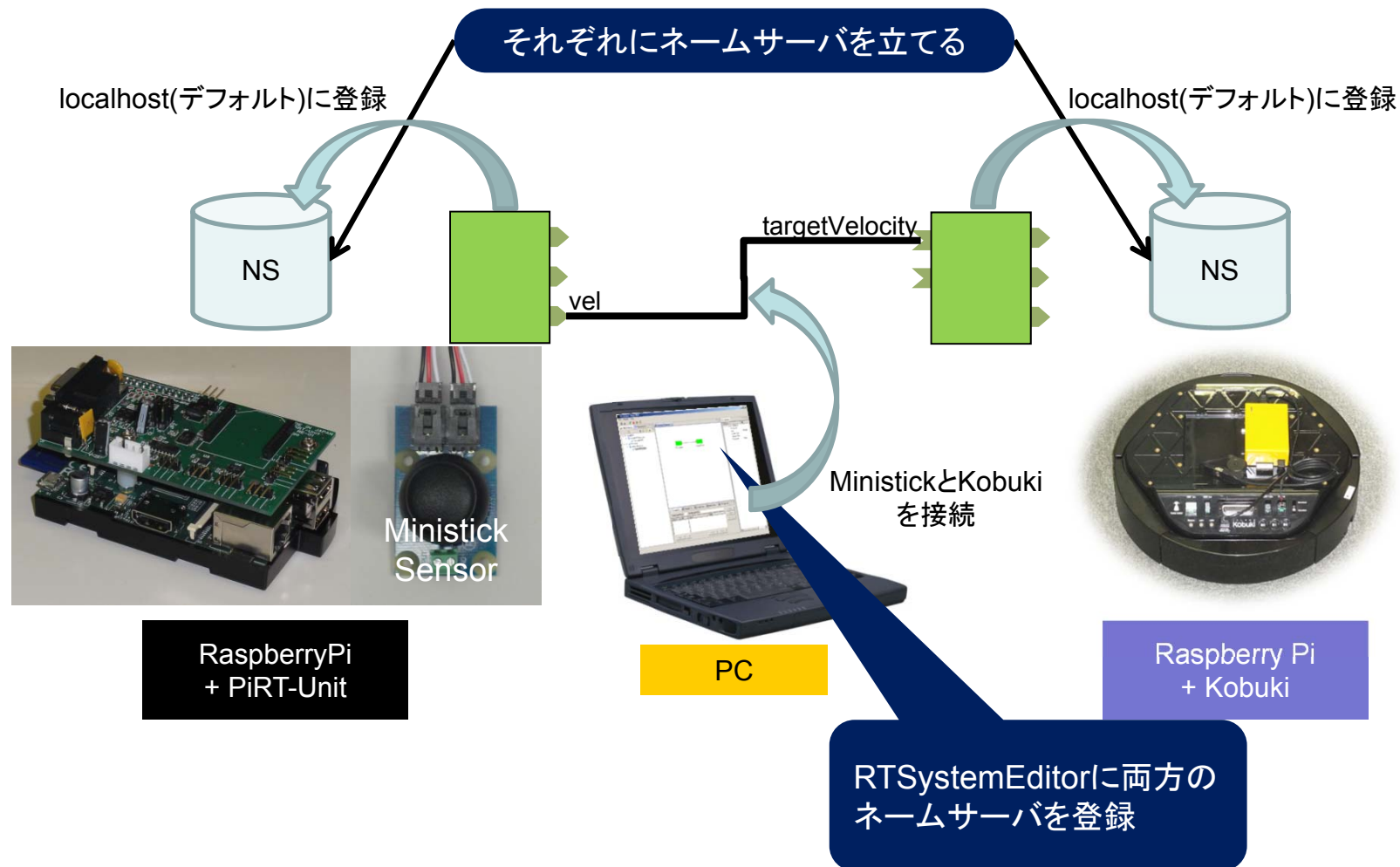
特長

- Xbeeを利用可能
 - 手軽に無線利用
- Phidgetセンサを利用可能
 - 様々なセンサを手軽に利用可能
- チュートリアルとセットアップスクリプト
 - 環境構築を支援するプログラムを提供
 - <http://openrtm.org>



RTM講習会での利用

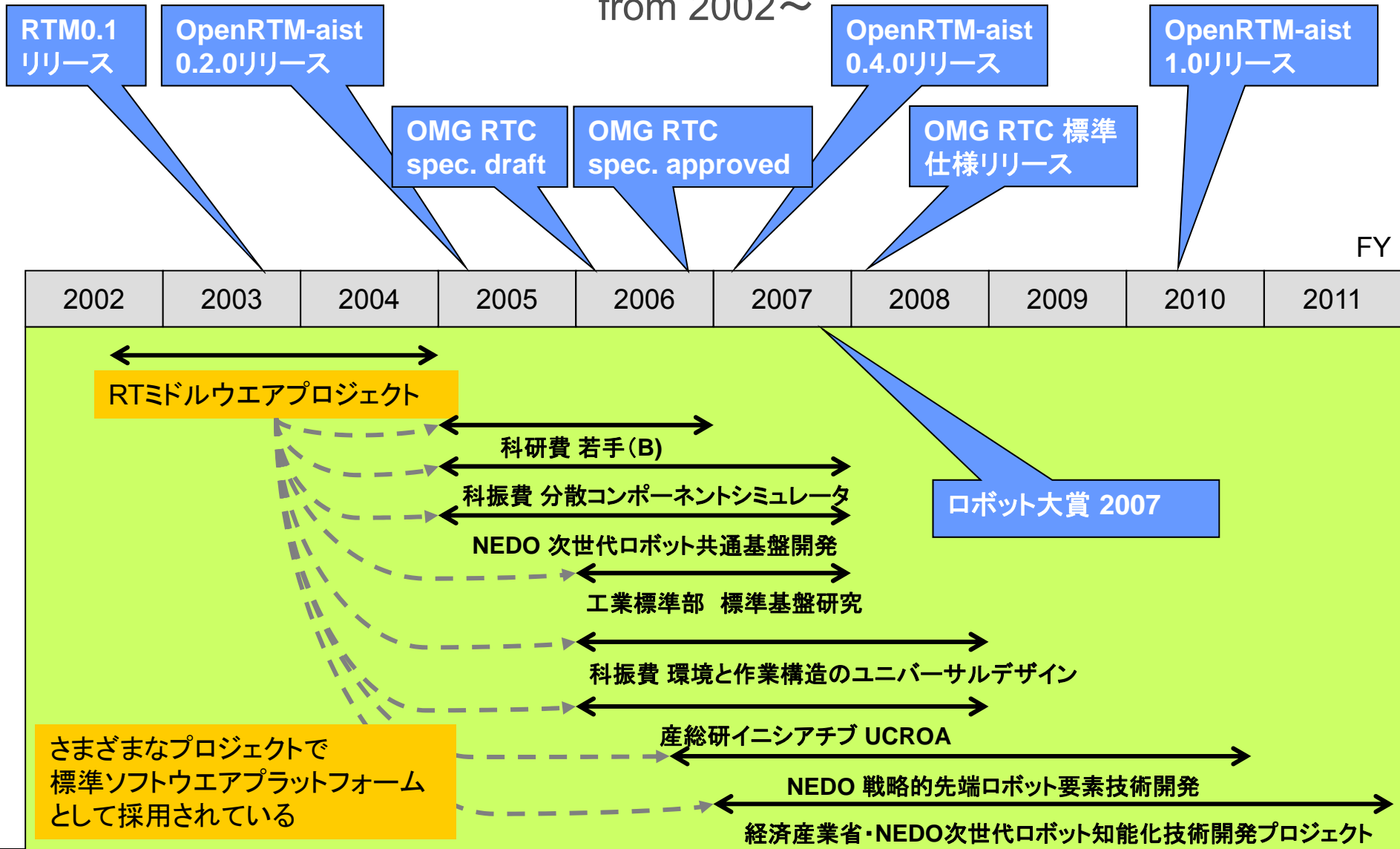
ROBOMECH2013(5月22日)



プロジェクト・標準化

RT-Middleware関連プロジェクト

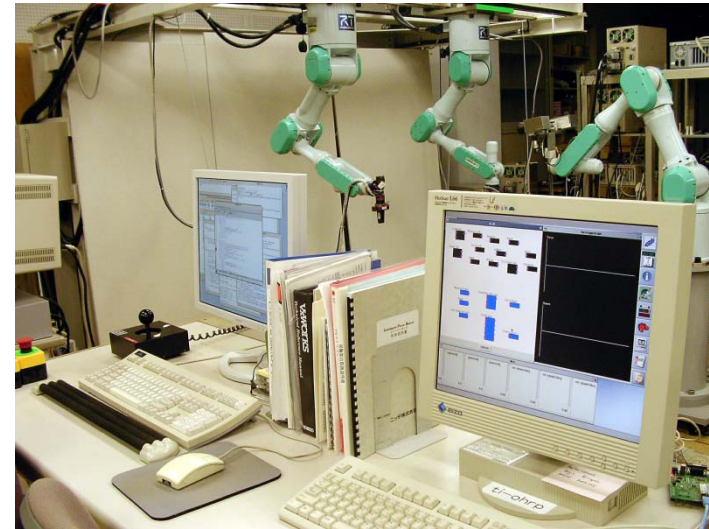
from 2002~



RTミドルウェアPJ

FY2002.12-FY2004

- 名称: NEDO 21世紀ロボットチャレンジプログラム
 - 「ロボット機能発現のために必要な要素技術開発」
- 目的:
 - RT要素の部品化(モジュール化)の研究開発
 - 分散オブジェクト指向開発
 - RT要素の分類・モジュール化に必要な機能・インターフェース仕様の明確化
- 予算規模:
 - 65百万円
 - 全体267.3百万円



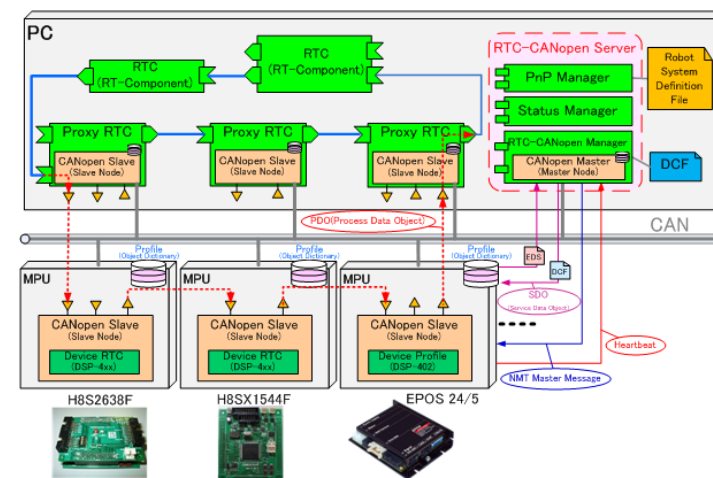
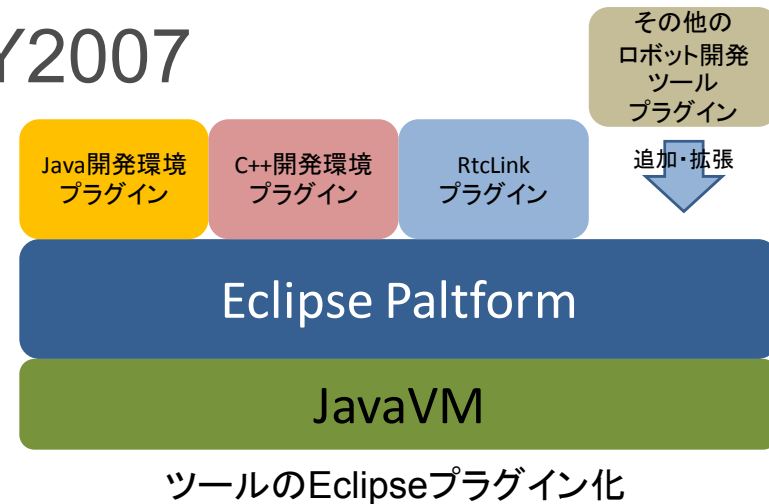
NEDO基盤PJ

FY2003-FY2007

- 名称:「運動制御デバイスおよびモジュールの開発」
- 目的:
 - 運動制御デバイスの開発
 - デバイスに搭載するRTCの開発
 - その他モーションコントロールに資するRTM/RTCの開発
- 予算規模:
 - 15百万円/年
 - 371百万円、全体1,259百万円



dsPIC版RTC-Liteの開発

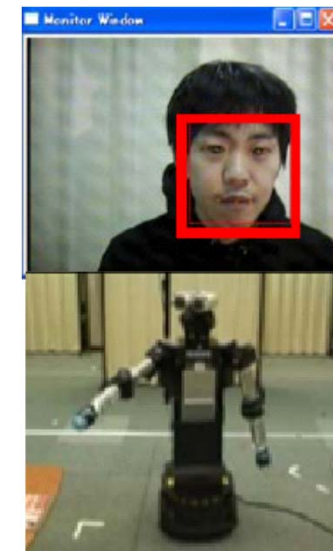
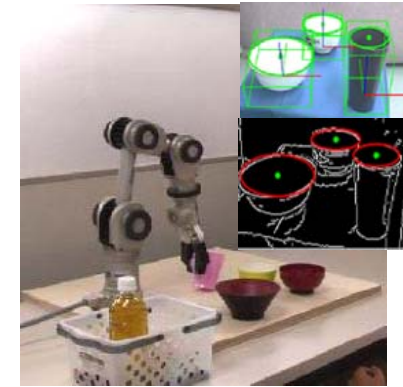


RTC-CANの開発

知能化PJ

FY2007-FY2012

- 名称:「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」
- 目的
 - ソフトウェアプラットフォームの開発
 - 作業知能、移動知能、コミュニケーション知能に関するモジュールの開発
- 予算:
 - 400百万円
 - 全体7,000百万円
- 研究グループ
 - 15グループ

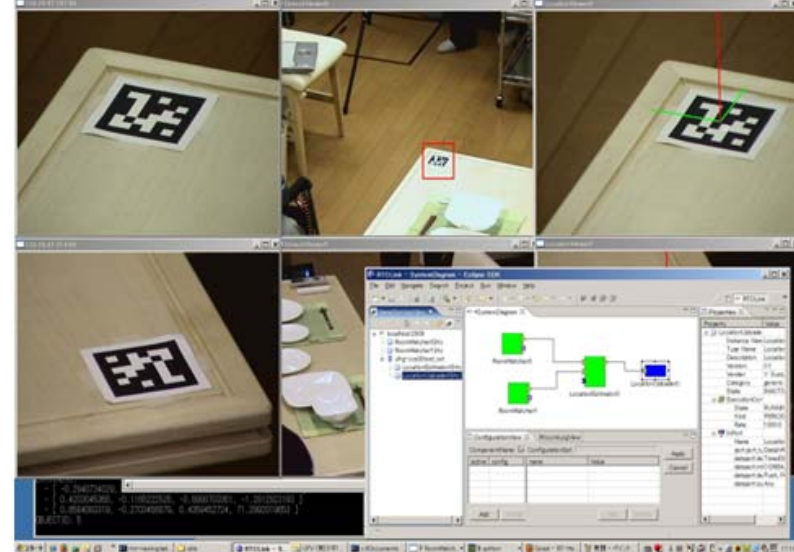
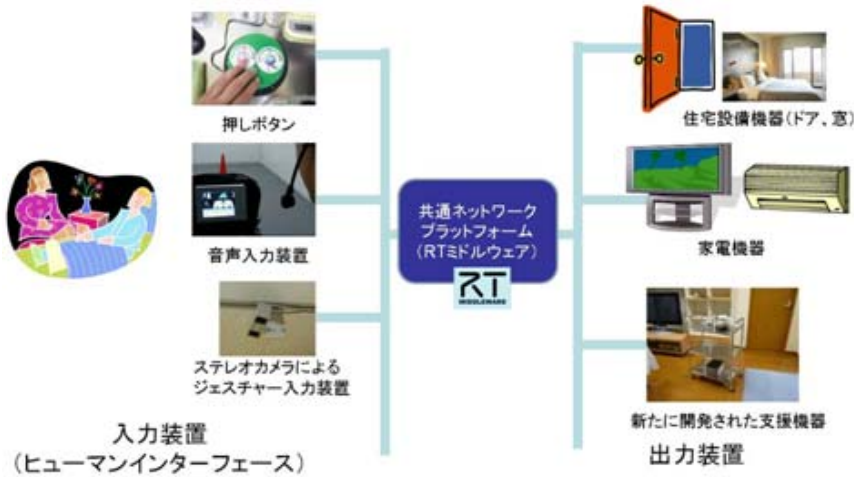


NEDO RTコンポーネント集

- www.openrtm.org に
NEDO知能化PJ成果物の特別ページを設置
 - ツール
 - 作業知能モジュール
 - 移動知能モジュール
 - 対話知能モジュール
 - 商用ライセンスモジュール
- の5カテゴリに分けて掲載



NEDOオープンイノベーションプロジェクト



RTミドルウェアを基盤として、多数の福祉機器同士を連携

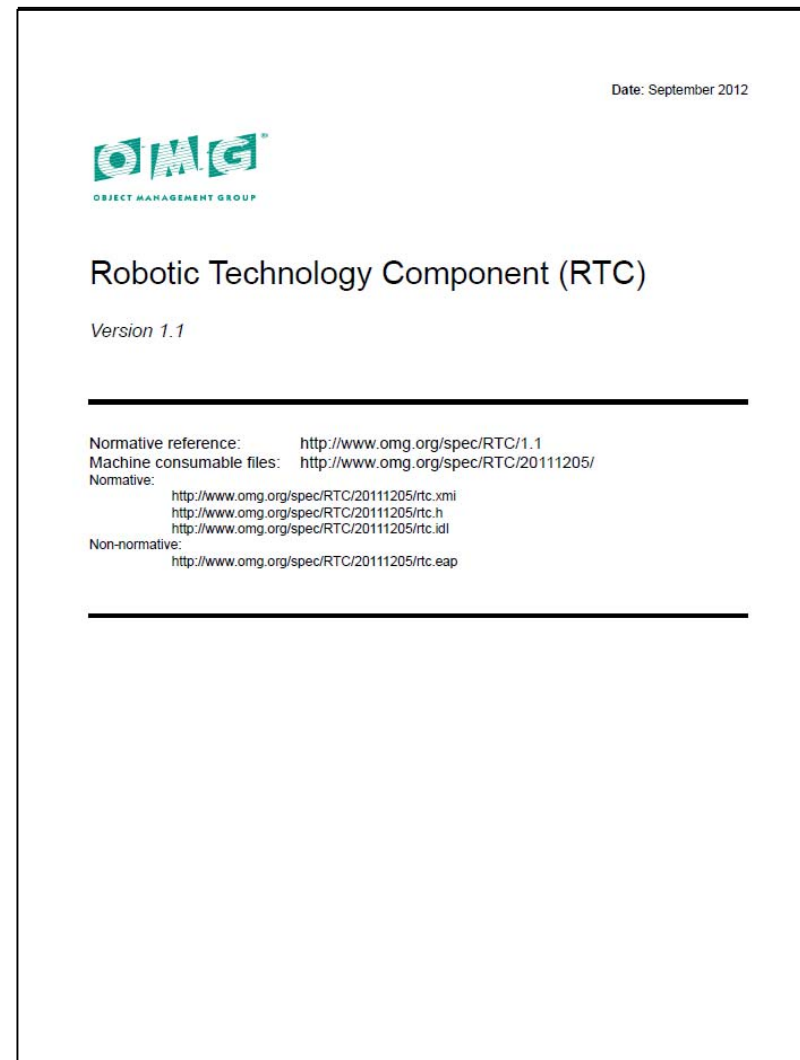
なぜ標準が必要？

RTミドルウェアの目的

- 人々の間で共有される共通ソフトウェアモデル
- オープンな仕様を提供
 - 誰でも実装可能→実装の多様性
 - 仕様を策定することが主たる目的
 - 実装(OpenRTM-aist): 仕様の妥当性検証
- 実装技術に非依存なソフトウェアモデル
 - 特定の言語、OS、分散オブジェクトミドルウェアに依存しないモデル (PIM: Platform Independent Model)
- 標準化された仕様
 - OMG (Object Management Group) における標準化
 - オープンな標準化プロセス

OMG RTC 標準化

- 2005年9月
RFP: Robot Technology Components (RTCs) 公開。
- 2006年2月
Initial Response : PIM and PSM for RTComponent を執筆し提出
提案者:AIST(日)、RTI(米)
- 2006年4月
両者の提案を統合した仕様を提案
- 2006年9月
ABIにて承認、事実上の国際標準獲得
FTFが組織され最終文書化開始
- 2007年8月
FTFの最後の投票が終了
- 2007年9月
ABIにてFTFの結果を報告、承認
- 2008年4月
OMG RTC標準仕様 ver.1.0公式リリース
- 2010年1月
OpenRTM-aist-1.0リリース
- 2012年9月
ver. 1.1改定



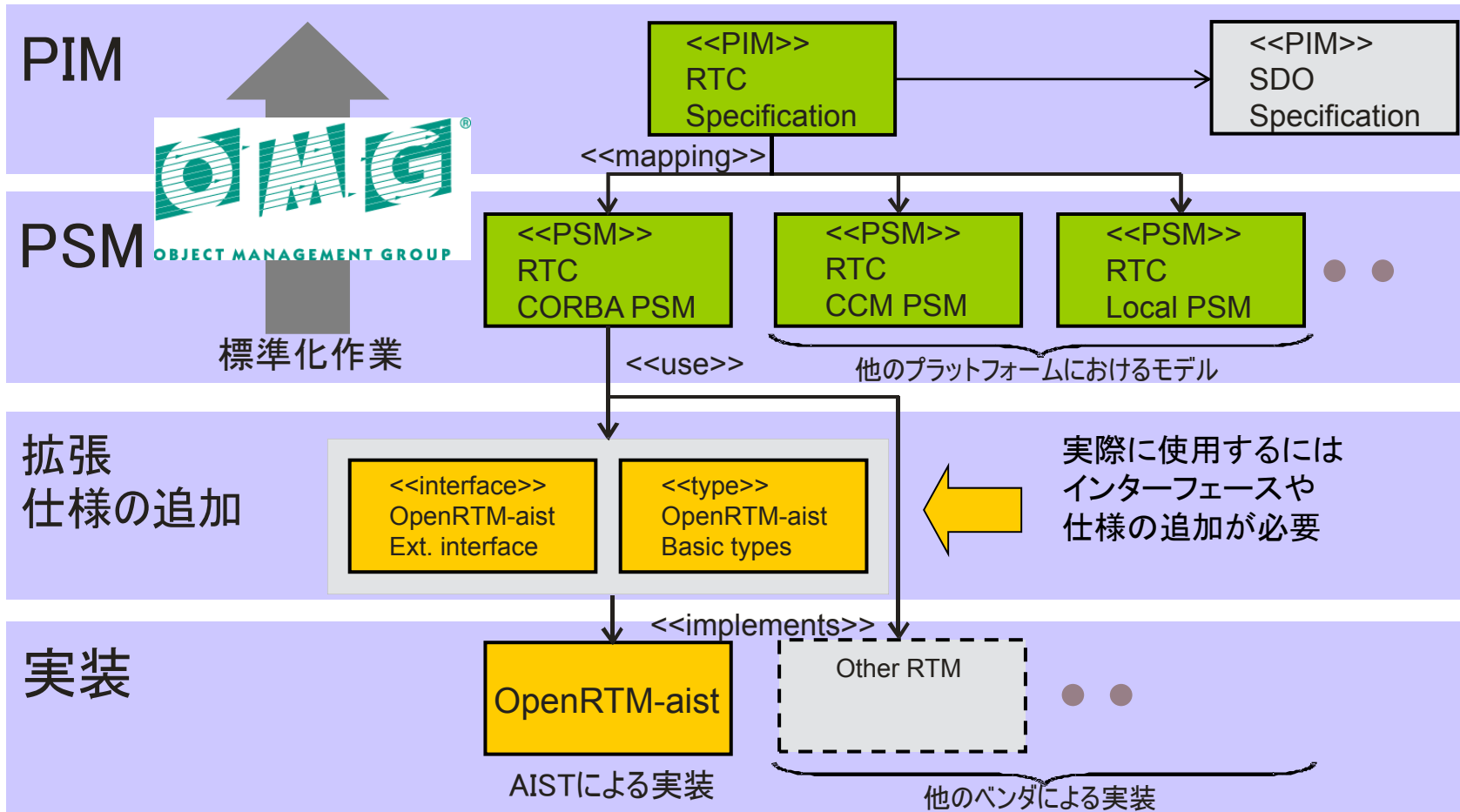
OMG RTC ファミリ

名称	ベンダ	特徴	互換性
OpenRTM-aist	AIST	C++, Python, Java	---
OpenRTM.NET	SEC	.NET(C#,VB,C++/CLI, F#, etc..)	◎
RTM on Android	SEC	Android版RTミドルウェア	◎
H-RTM (仮称)	本田R&D	OpenRTM-aist互換、FSM型コンポーネントをサポート	◎
RTC-Lite	AIST	PIC, dsPIC上の実装	○(ブリッジ)
miniRTC, microRTC	SEC	CAN・ZigBee等を利用した組込用RTC実装	○(ブリッジ)
RTMSafety	SEC/AIST	機能安全認証 (IEC61508) capableなRTM実装, 商用	○(ブリッジ)
RTC CANOpen	SIT, CiA	CANOpen-RTCマッピングを定めたCiA 標準	○(ブリッジ)
PALRO	富士ソフト	小型ヒューマノイドのためのC++ PSM 実装	×
OPRoS	ETRI	韓国国家プロジェクトでの実装	×
GostaiRTC	GOSTAI, THALES	ロボット言語上で動作するC++ PSM実装	×

同一標準仕様に基づく多様な実装により

- 実装(製品)の継続性を保証
- 実装間での相互利用がより容易に

OMG標準とOpenRTM-aist



RTミドルウェアの展開

Success stories



HRP-4: Kawada/AIST

DAQ-Middleware: KEK/J-PARC

KEK: High Energy Accelerator Research Organization

J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex



TAIZOU: General Robotics Inc.



HIRO: Kawada/GRX



HRP-4C: Kawada/AIST

RTミドルウェアの広がり

ダウンロード数

2012年2月現在

	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	合計
C++	4978	9136	12049	1851	253	28267
Python	728	1686	2387	566	55	5422
Java	643	1130	685	384	46	2888
Tool	3993	6306	3491	967	39	14796
All	10342	18258	18612	3768	393	51373

ユーザ数

タイプ	登録数
Webページユーザ	733 人
Webページアクセス	約 300 visit/day 約 1000 view/day
メーリングリスト	447 人
講習会	のべ 668 人
利用組織 (Google Map)	46 組織

プロジェクト登録数

タイプ	登録数
RTコンポーネント群	287
RTミドルウェア	14
ツール	19
仕様・文書	4
ハードウェア	28

OMG RTC規格実装 (11種類)

Name	Vendor	Feature
OpenRTM-aist	AIST	C++, Python, Java
OpenRTM.NET	SEC	.NET(C#,VB,C++/CLI, F#, etc..)
miniRTC, microRTC	SEC	CAN・ZigBee等を利用した組込用RTC実装
Dependable RTM	SEC/AIST	機能安全認証 (IEC61508) capableなRTM実装
RTC CANOpen	SIT, CiA	CANOpenのためのCiA (Can in automation) におけるRTC標準
PALRO	富士ソフト	小型ヒューマノイドのためのC++ PSM 実装
OPRoS	ETRI	韓国国家プロジェクトでの実装
GostaiRTC	GOSTAI, THALES	ロボット言語上で動作するC++ PSM実装
H-RTM	ホンダR&D	OpenRTM互換、FSM実装

他のミドルウェア

ROS(Robot Operating Systems) (米国)



ROS



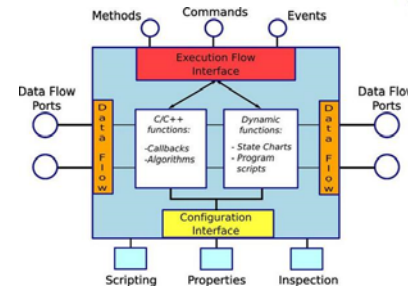
RSi(Robot Service Initiative) (日本)



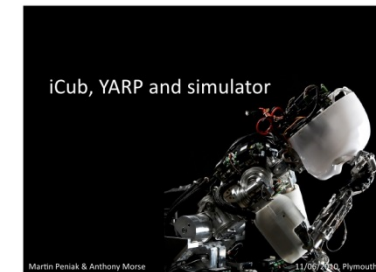
OPRoS(Open Platform for Robotic Services) (韓国)



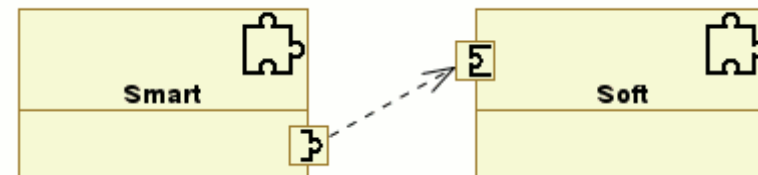
OROCOS (欧州)



YARP (欧州)



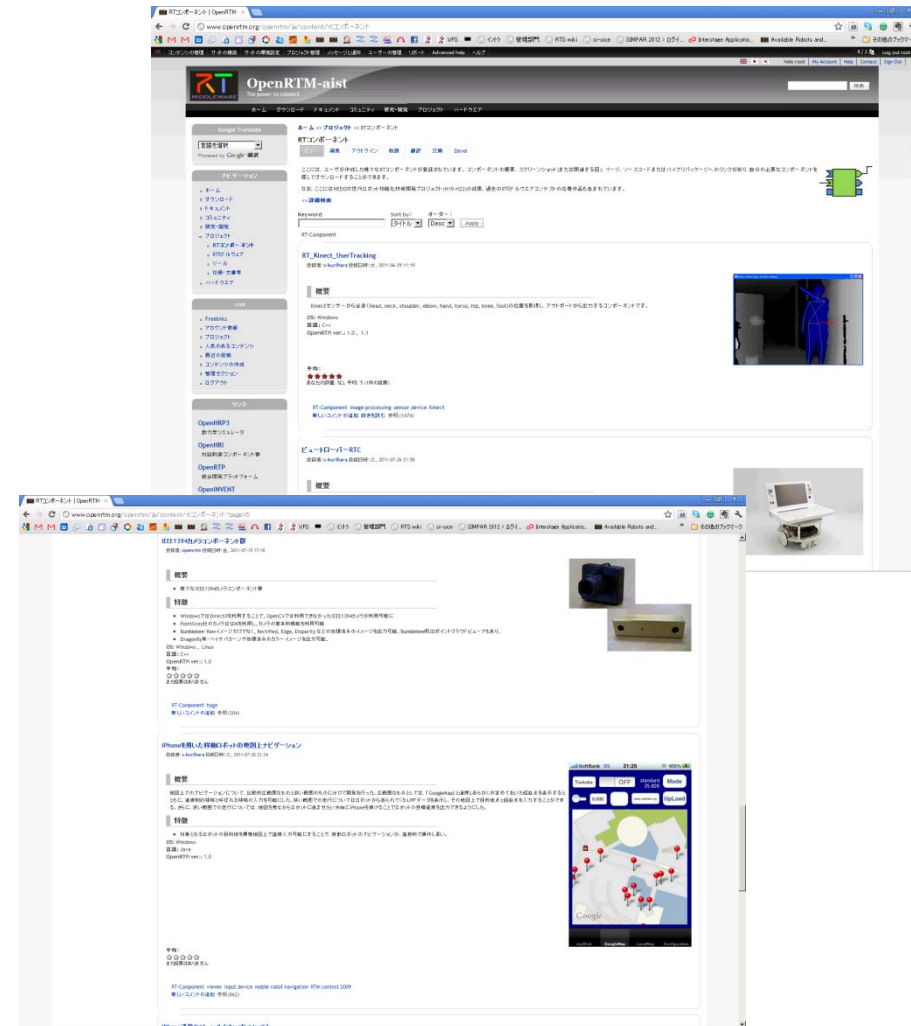
SMARTSOFT (欧州)



プロジェクトページ

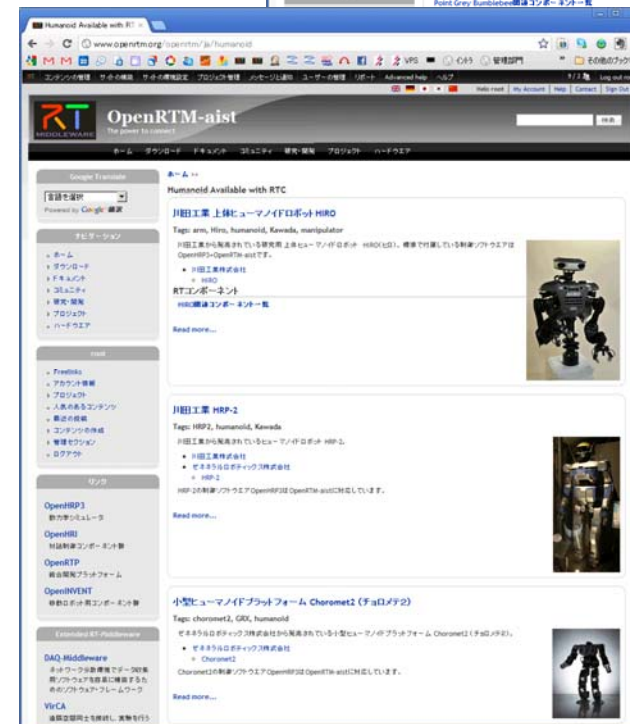
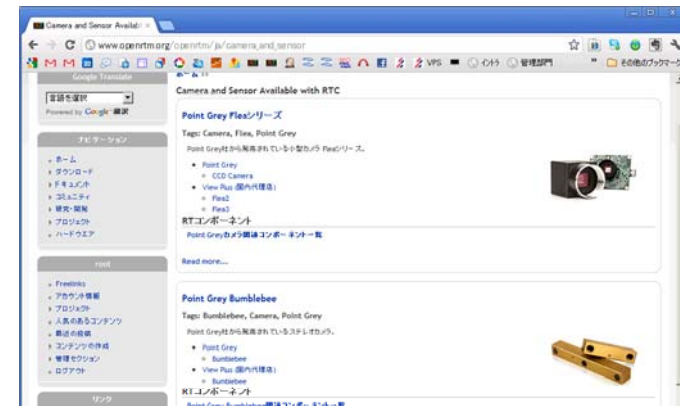
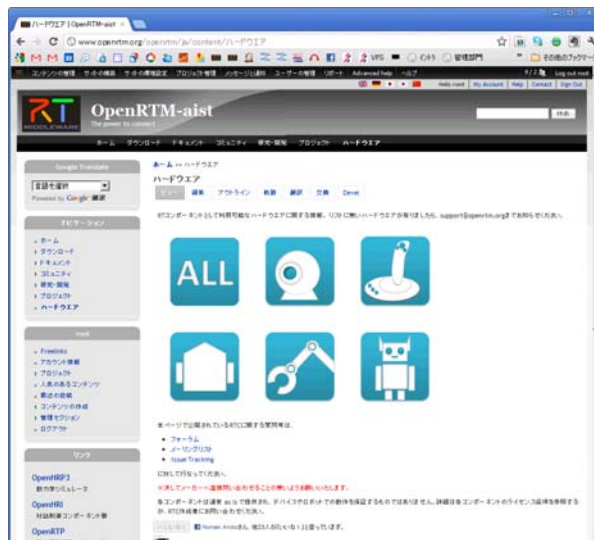
- ユーザが自分の作品を登録
- 他のユーザの作ったRTCを探ることができる

タイプ	登録数
RTコンポーネント群	287
RTミドルウェア	14
ツール	19
仕様・文書	4
ハードウェア	28



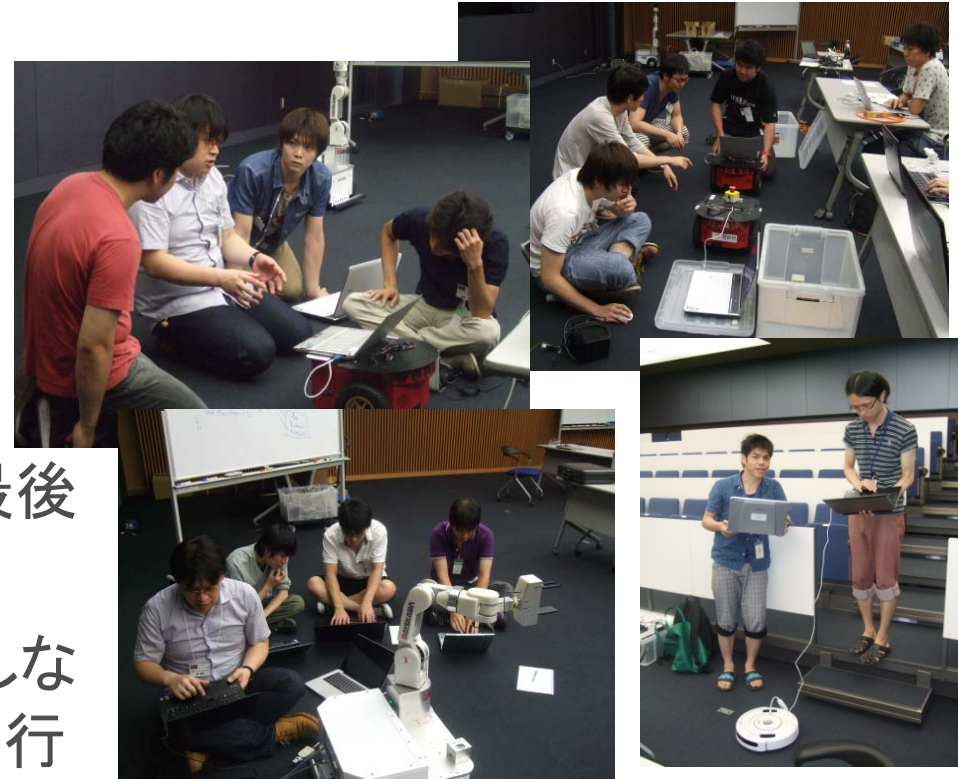
ハードウェア集

- OpenRTMで利用可能なハードウェアのリスト
- ハードウェアを利用するために利用できるコンポーネントのリスト



サマーキャンプ

- 毎年夏に1週間開催
- 今年:7月29日~8月2日
- 募集人数:10名
- 場所:産総研つくばセンター
- 座学と実習を1週間行い、最後にそれぞれが成果を発表
- 産総研内のさくら館に宿泊しながら夜通し?コーディングを行う!



もう寝る!



RTミドルウェアコンテスト

- SICE SI (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)のセッションとして開催
 - エントリー〆切:9月ごろ
 - ソフトウェア登録:10月ごろ
 - 講演原稿〆切:10月ごろ
 - 発表・授賞式:12月ごろ
- 2012年度実績
 - 応募数:17件
 - 計測自動制御学会学会RTミドルウェア賞 (副賞10万円)
 - 奨励賞(賞品協賛):3件
 - 奨励賞(団体協賛):10件
 - 奨励賞(個人協賛):5件
- 詳細はWebページ: openrtm.org
 - コミュニティー→イベント をご覧ください



まとめ

- RTミドルウェア
 - 基本機能、標準化、適用例
 - 過去のプロジェクト
 - 普及活動: Webページ、講習会、コンテスト

詳しくは...

検索



本日の資料はopenrtm.orgに掲載します。