第1部：OpenRTM-aistおよびRTコンポーネントプログラミングの概要

名城大学
理工学部メカトロニクス工学科
大原賢一

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ミドルウエア

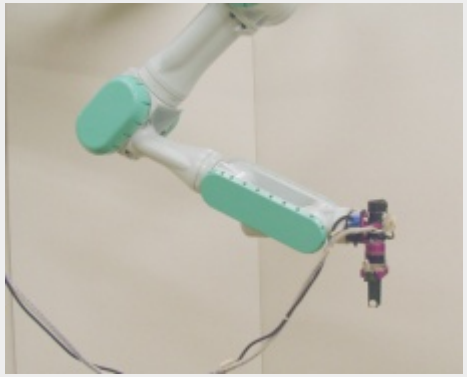
OpenRTM-aist

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

従来のシステムでは…

Joystick
software

Robot Arm
Control software



Robot Arm

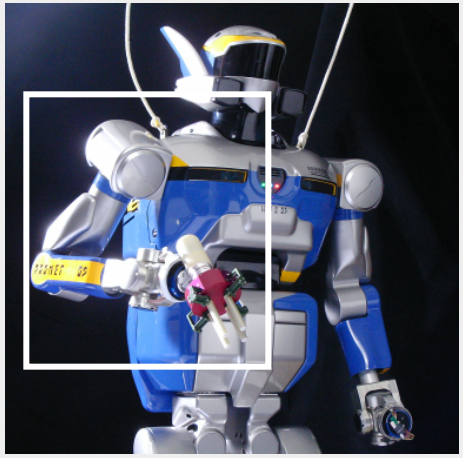
互換性のあるインターフェース同士は接続可能

従来のシステムでは…

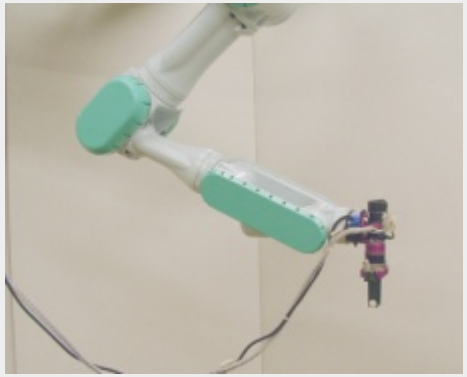
Joystick

Joystick
software

Humanoid's Arm
Control software



Humanoid's Arm



Robot Arm
Control software

Robot Arm

ロボットによって、インターフェースは色々
互換性が無ければつながらない

RTミドルウエアでは…

RTミドルウエアは別々に作られたソフトウエアモジュール同士を繋ぐための共通インターフェースを提供する

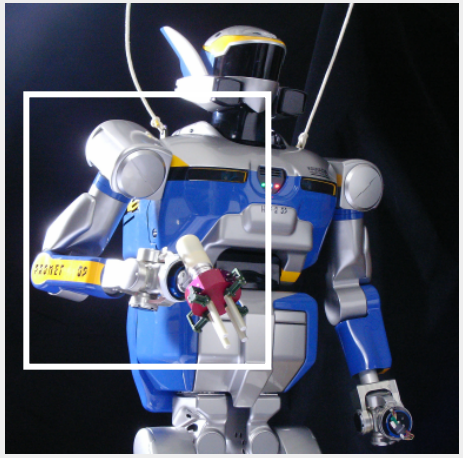
Joystick

Joystick software

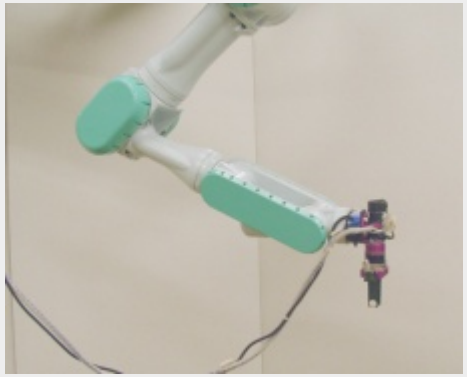
compatible arm interfaces

Arm A Control software

Arm B Control software



Humanoid's Arm



Robot Arm

ソフトウエアの再利用性の向上
RTシステム構築が容易になる

ミドルウエア、コンポーネント、etc…

- ミドルウエア
  - OSとアプリケーション層の中間に位置し、特定の用途に対して利便性、抽象化向上のために種々の機能を提供するソフトウエア
  - 例：RDBMS、ORB等。定義は結構曖昧
- 分散オブジェクト（ミドルウエア）
  - 分散環境において、リモートのオブジェクトに対して透過的アクセスを提供する仕組み
  - 例：CORBA、Java RMI、DCOM等
- コンポーネント
  - 再利用可能なソフトウエアの断片（例えばモジュール）であり、内部の詳細機能にアクセスするための（シンタクス・セマンティクスともにきちんと定義された）インターフェースセットをもち、外部に対してはそのインターフェースを介してある種の機能を提供するモジュール。
- CBSD（Component Based Software Development）
  - ソフトウエア・システムを構築する際の基本構成要素をコンポーネントとして構成するソフトウエア開発手法

モジュール化のメリット

- 再利用性の向上
  - 同じコンポーネントをいろいろなシステムに使いまわせる
- 選択肢の多様化
  - 同じ機能を持つ複数のモジュールを試すことができる
- 柔軟性の向上
  - モジュール接続構成かえるだけで様々なシステムを構築できる
- 信頼性の向上
  - モジュール単位でテスト可能なため信頼性が向上する
- 堅牢性の向上
  - システムがモジュールで分割されているので、一つの問題が全体に波及しにくい

RTコンポーネント化のメリット

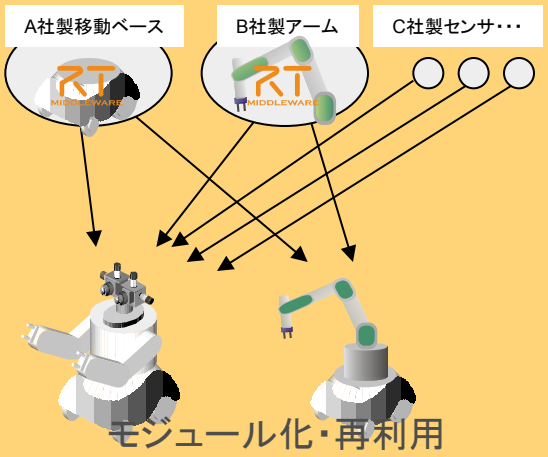
モジュール化のメリットに加えて

- ソフトウエアパターンを提供
  - ロボットに特有のソフトウエアパターンを提供することで、体系的なシステム構築が可能
- フレームワークの提供
  - フレームワークが提供されているので、コアのロジックに集中できる
- 分散ミドルウエア
  - ロボット体内LANやネットワークロボットなど、分散システムを容易に構築可能

RTミドルウエアの目的

モジュール化による問題解決

コストの問題



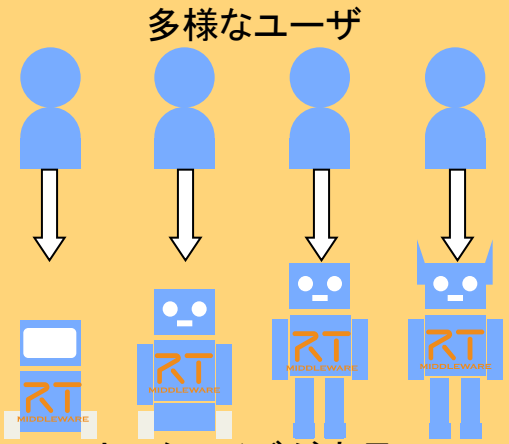
モジュール化・再利用

ロボットの低コスト化

技術の問題

最新技術を利用可能

ニーズの問題

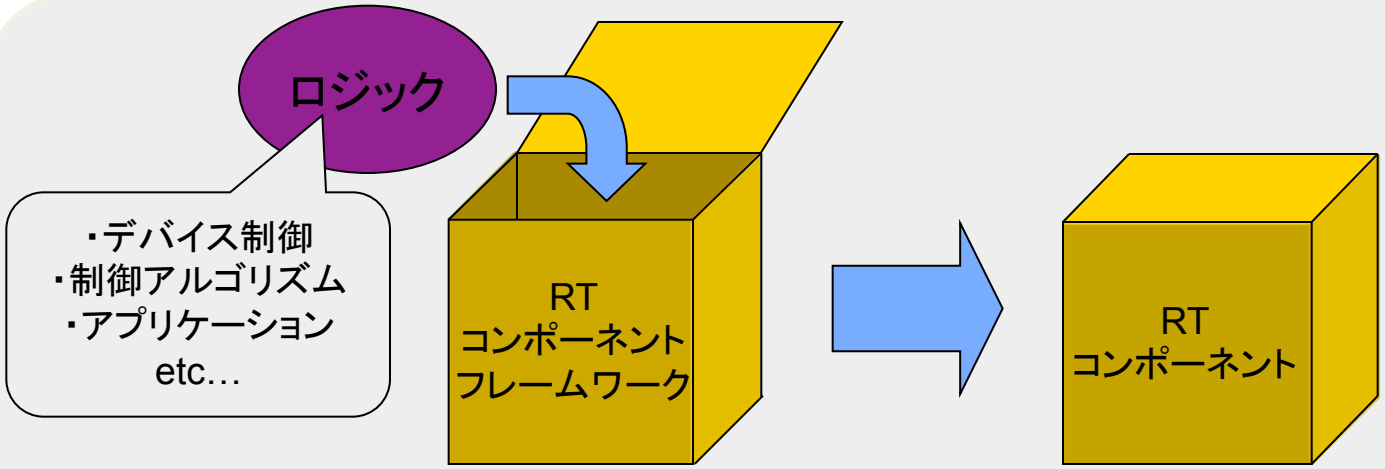


カスタマイズが容易に

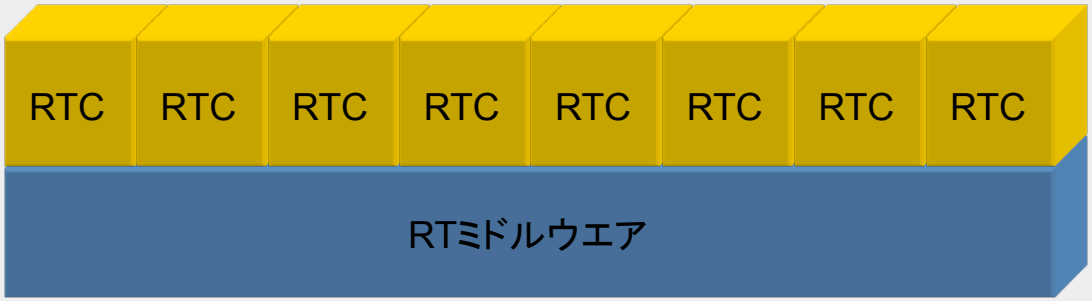
多様なニーズに対応

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ミドルウエアとRTコンポーネント



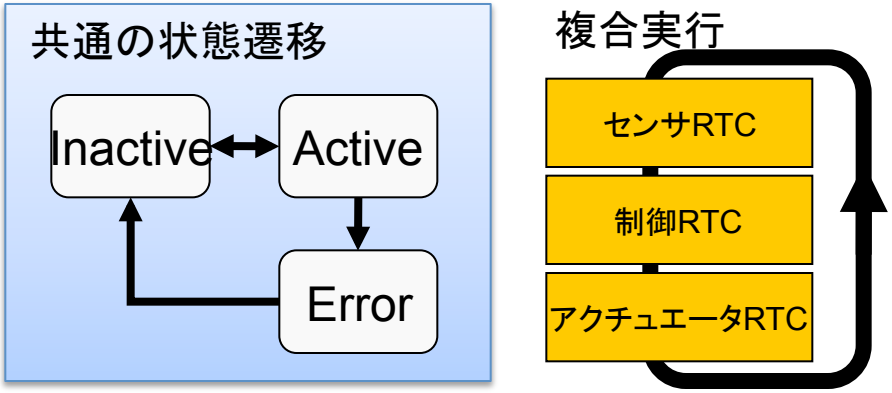
ロジックを箱（フレームワーク）に入れたもの＝RTコンポーネント（RTC）



RTCの実行環境（OSのようなもの）＝RTミドルウエア（RTM）
※RTCはネットワーク上に分散可能

RTコンポーネントの主な機能

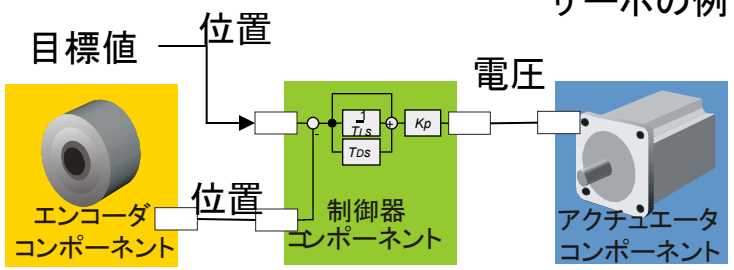
アクティビティ・実行コンテキスト



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

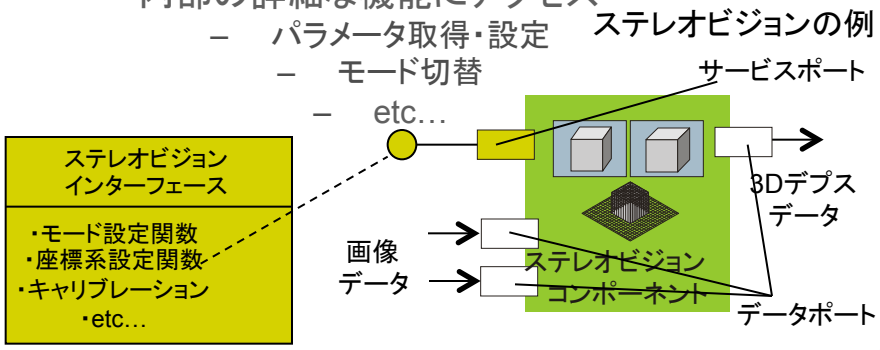
- データ指向ポート
- 連続的なデータの送受信
- 動的な接続・切断



データ指向通信機能

サービスポート

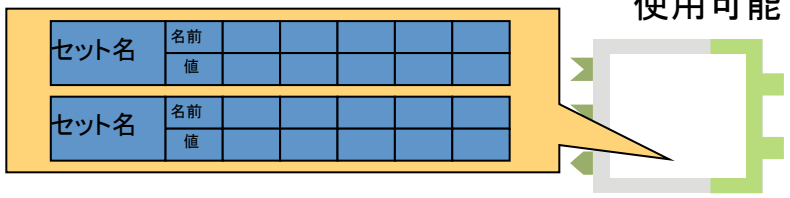
- 定義可能なインターフェースを持つ
- 内部の詳細な機能にアクセス
  - パラメータ取得・設定
  - モード切替
  - etc…



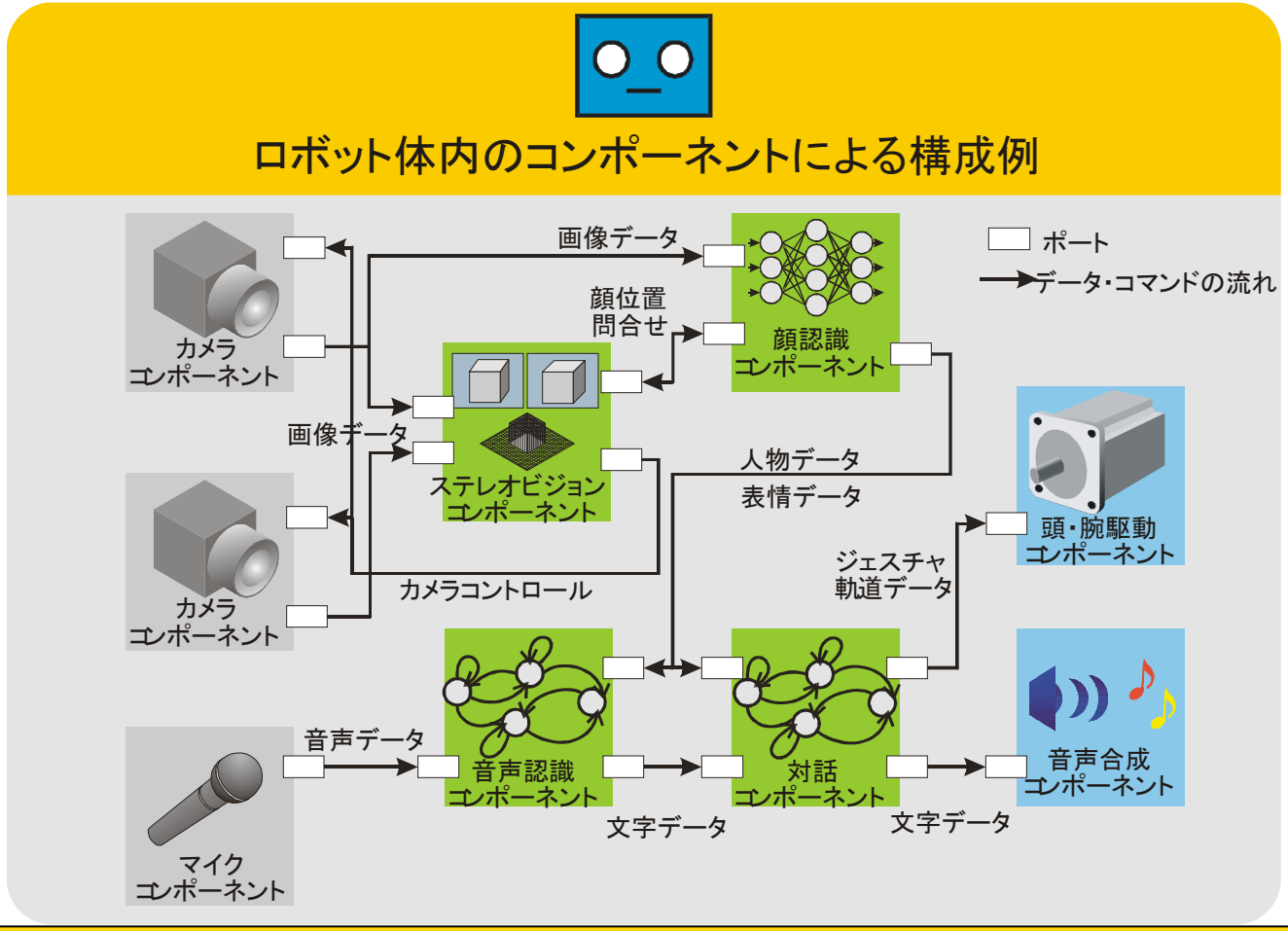
サービス指向相互作用機能

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



RTCの分割と連携



（モジュール）情報の隠蔽と公開のルールが重要

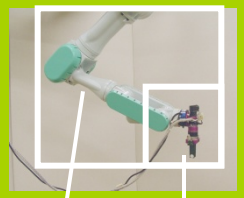
RTミドルウエアによる分散システム

RTMにより、ネットワーク上に分散するRTCをOS・言語の壁を越えて接続することができる。

ロボットA

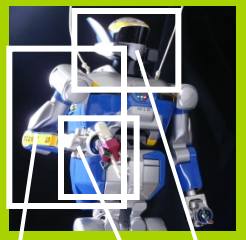
RTC RTC
RTM
Solaris

ロボットB



RTC RTC
RTM
FreeBSD

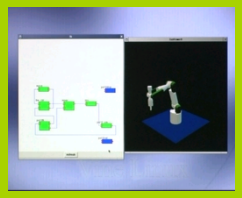
ロボットC



RTC RTC RTC
RTM
ARTLinux

ネットワーク

Linux
RTM
RTC RTC



アプリケーション

Windows
RTM
RTC RTC

操作デバイス

TRON
RTM
RTC RTC

センサ

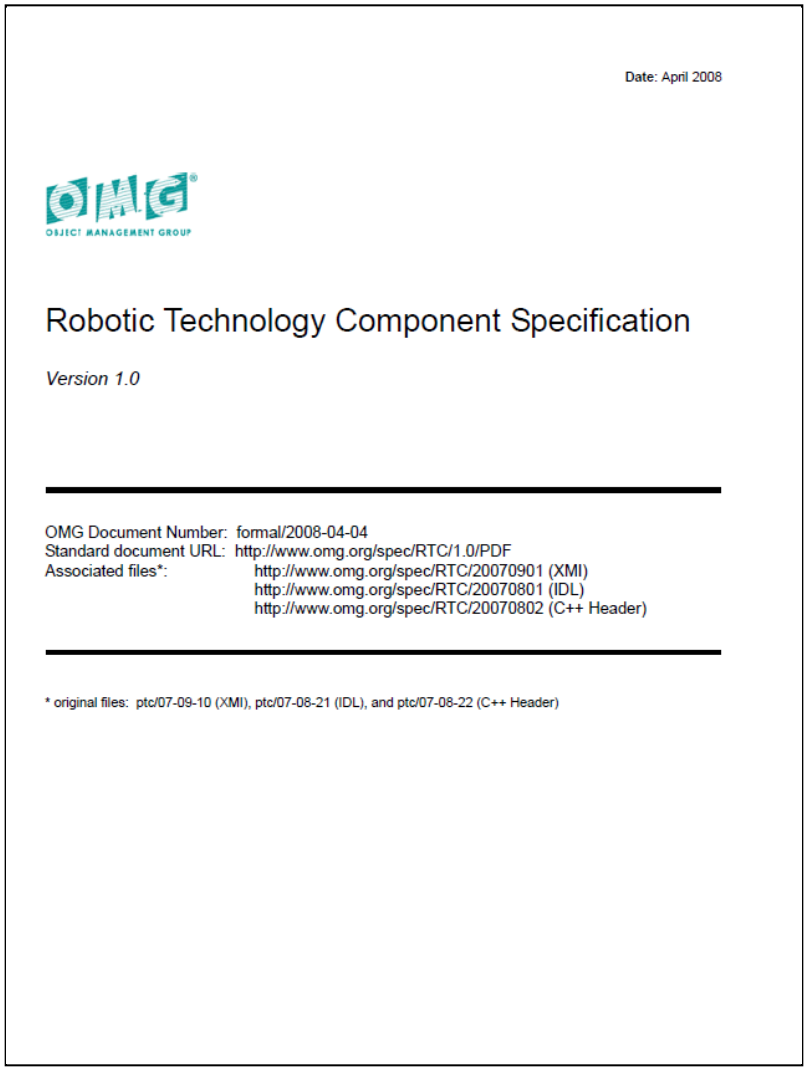
RTC同士の接続は、プログラム実行中に動的に行うことが出来る。

OpenRTM-aist

- コンポーネントフレームワーク + ミドルウエアライブラリ
- コンポーネントインターフェース:
  - OMG Robotic Technology Component Specification ver1.0 準拠
- OS
  - 公式:Linux, FreeBSD, Windows, Mac OS X, QNX
  - 非公式: uITRON, T-Kernel, VxWorks
- 言語:
  - C++ (1.1.0), Python (1.0.0), Java (1.1.0-rc1)
    - 現在C++版1.1.1のリリースに向け準備中
  - .NET (implemented by SEC)
- CPU アーキテクチャ (動作実績):
  - i386, ARM, PPC, SH4
  - PIC, dsPIC, SH2, H8 (RTC-Lite)
- ツール (Eclipse プラグイン)
  - テンプレートソースジェネレータ: rtc-template、RTCBuilder
  - システムインテグレーションツール: RTSystemEditor

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
  AB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
  ABにてFTFの結果を報告、承認
- 2008年4月
  OMG RTC標準仕様公式リリース
- 2010年1月
  OpenRTM-aist-1.0リリース



Date: April 2008

OMG
OBJECT MANAGEMENT GROUP

Robotic Technology Component Specification

Version 1.0

OMG Document Number: formal/2008-04-04
Standard document URL: http://www.omg.org/spec/RTC/1.0/PDF
Associated files*: http://www.omg.org/spec/RTC/20070901 (XMI)
http://www.omg.org/spec/RTC/20070801 (IDL)
http://www.omg.org/spec/RTC/20070802 (C++ Header)

* original files: ptc/07-09-10 (XMI), ptc/07-08-21 (IDL), and ptc/07-08-22 (C++ Header)

OMG RTC ファミリ

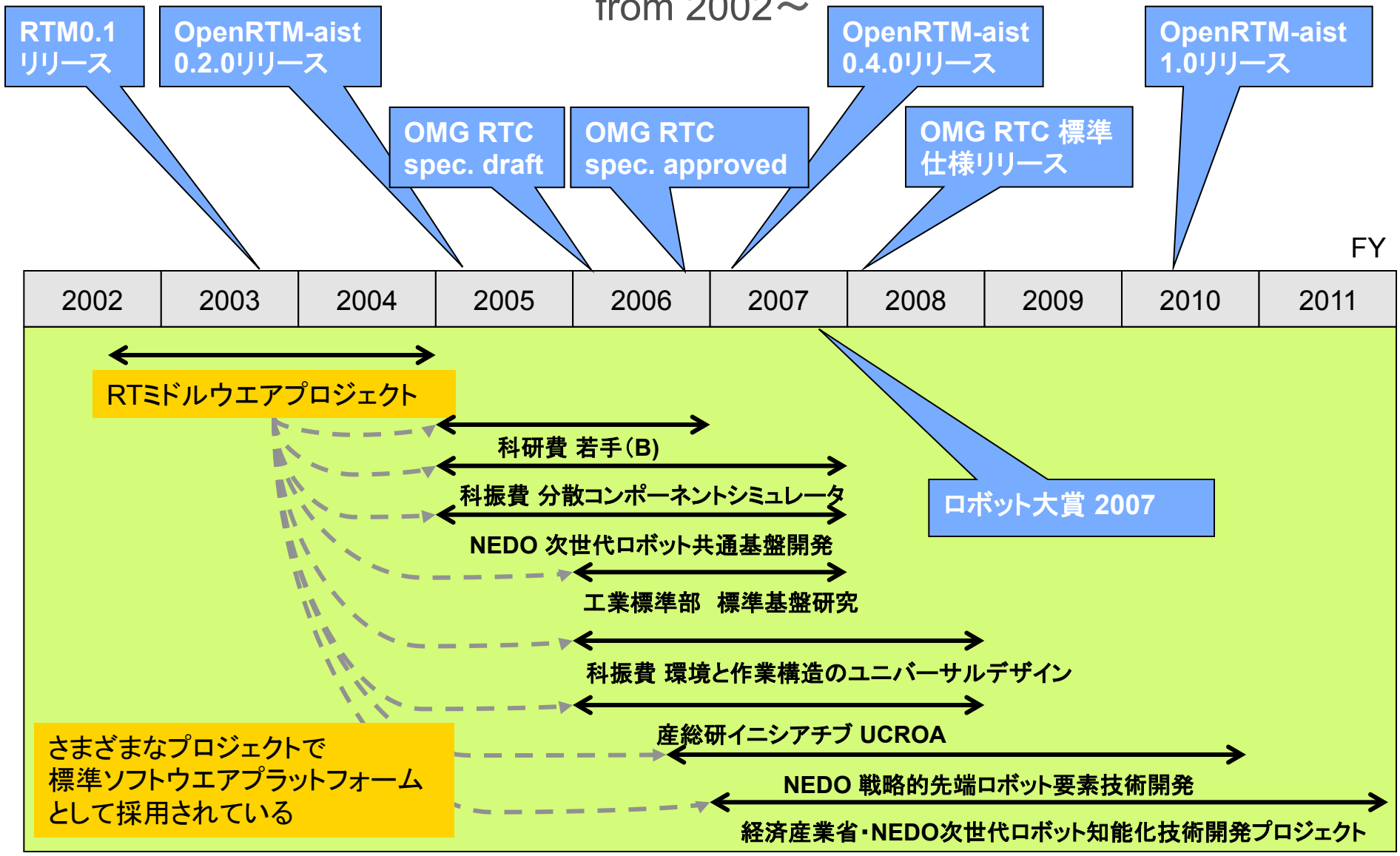
Name	Vendor	Feature
OpenRTM-aist	AIST	C++, Python, Java
OpenRTM.NET	SEC	.NET(C#,VB,C++/CLI, F#, etc..)
miniRTC, microRTC	SEC	CAN・ZigBee等を利用した組込用RTC実装
Dependable RTM	SEC/AIST	機能安全認証 (IEC61508) capableなRTM実装
RTC CANOpen	SIT, CiA	CANOpenのためのCiA (Can in automation) におけるRTC標準
PALRO	富士ソフト	小型ヒューマノイドのためのC++ 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 (仮称)	本田R&D	OpenRTM-aist互換、FSM型コンポーネントをサポート

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

PSM(Platform Specific Model): プラットフォーム特化型の仕様

RT-Middleware関連プロジェクト

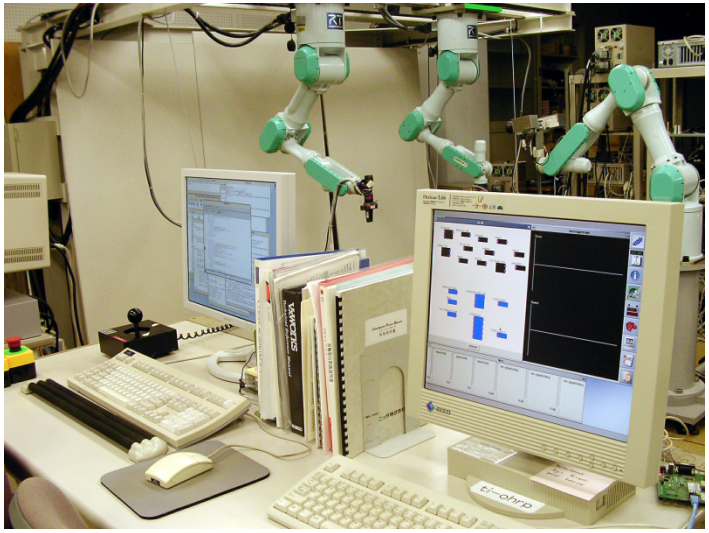
from 2002～



RTミドルウエアPJ

FY2002.12-FY2004

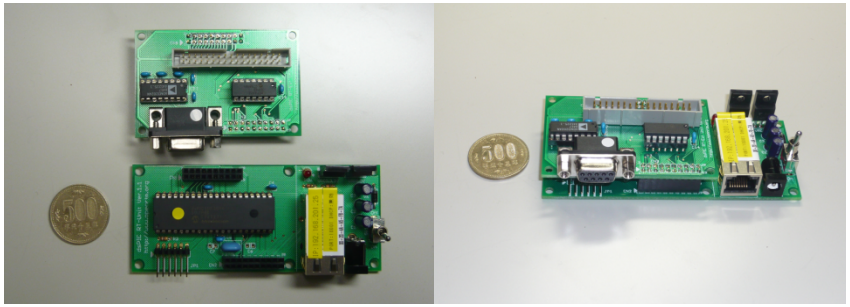
- 名称：NEDO 21世紀ロボットチャレンジプログラム
  - 「ロボット機能発現のために必要な要素技術開発」
- 目的：
  - RT要素の部品化（モジュール化）の研究開発
  - 分散オブジェクト指向開発
  - RT要素の分類・モジュール化に必要な機能・インタフェース仕様の明確化
- 予算規模：
  - 65百万円
  - 全体267.3百万円



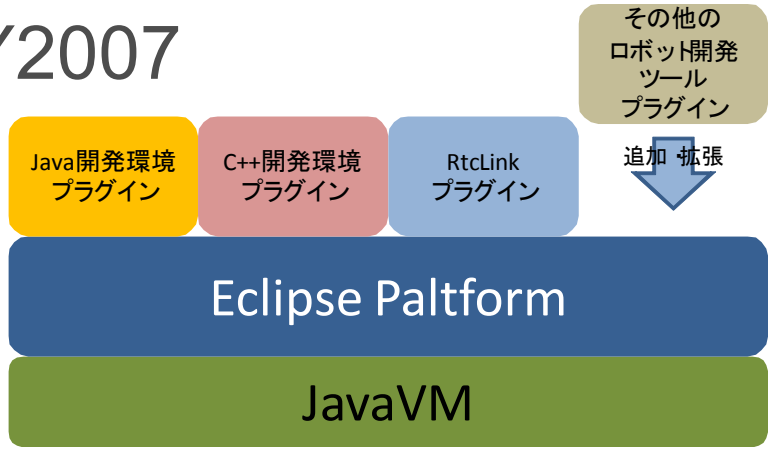
NEDO基盤PJ

FY2003-FY2007

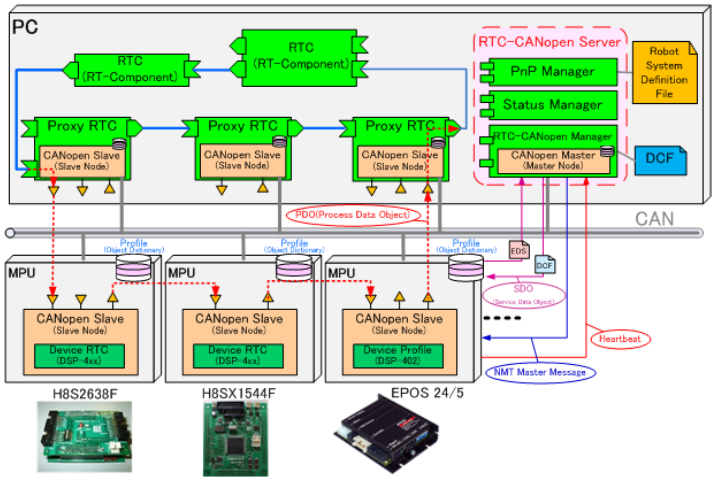
- 名称:「運動制御デバイスおよびモジュールの開発」
- 目的:
  - 運動制御デバイスの開発
  - デバイスに搭載するRTCの開発
  - その他モーションコントロールに資するRTM/RTCの開発
- 予算規模:
  - 15百万円/年
  - 371百万円、全体1,259百万円



dsPIC版RTC-Liteの開発



ツールのEclipseプラグイン化

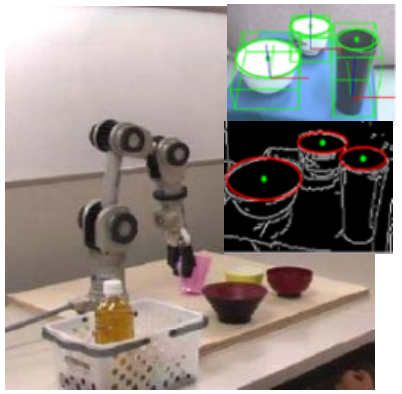


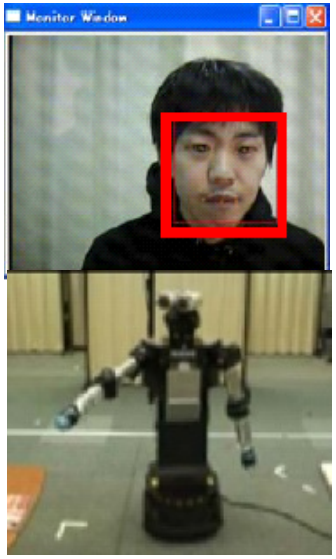
RTC-CANの開発

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
  - ソフトウエ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





RTミドルウエアの広がり

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	988
Webページアクセス	約300 visit/day 約1000 view/day
メーリングリスト	424 人
講習会	のべ約700人
利用組織(Google Map)	46組織

プロジェクト登録数

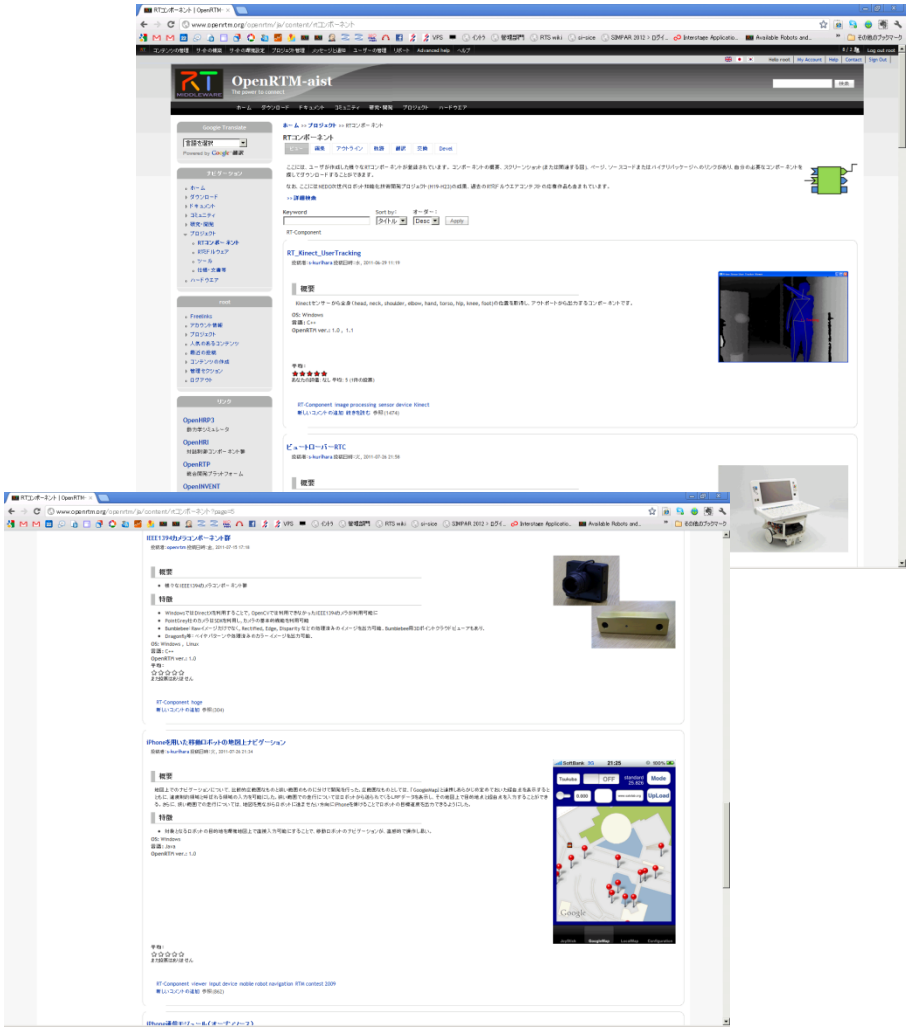
タイプ	登録数
RTコンポーネント群	321
RTミドルウエア	17
ツール	22
仕様・文書	5
ハードウエア	31

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

プロジェクトページ

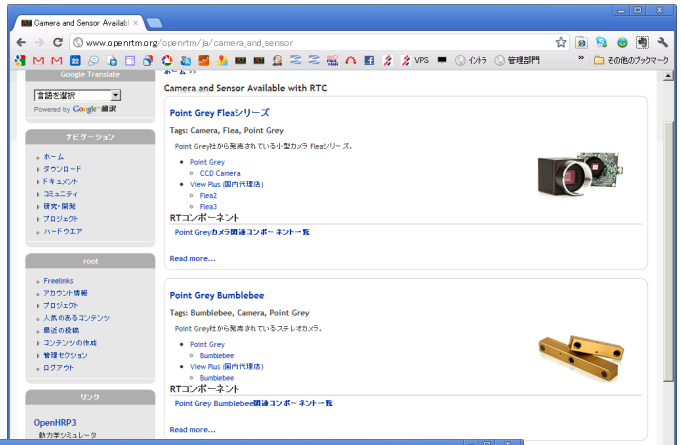
- ユーザが自分の作品を登録
- 他のユーザの作ったRTCを探すことができる

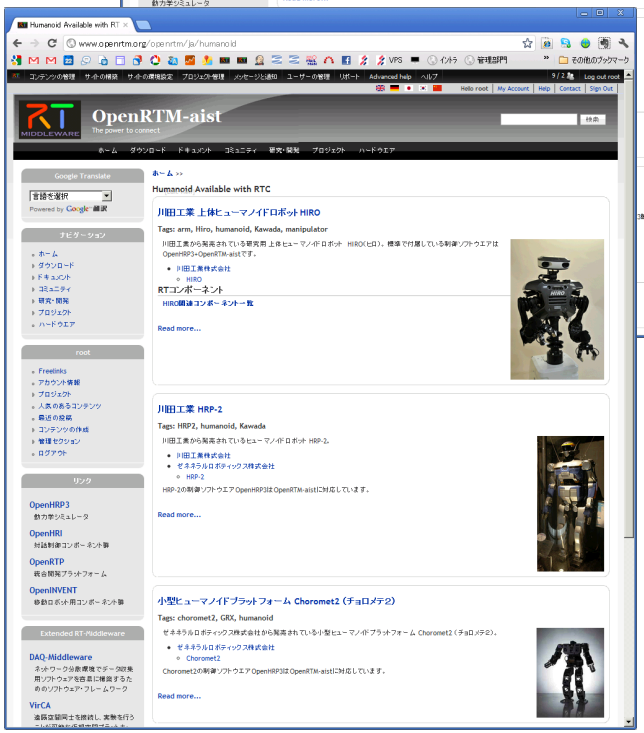


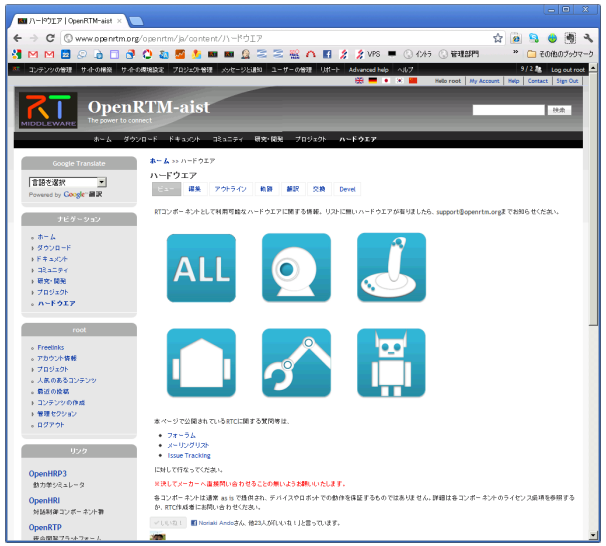
タイプ	登録数
RTコンポーネント群	321
RTミドルウエア	17
ツール	22
仕様・文書	5
ハードウエア	31

ハードウエア集

- OpenRTMで利用可能なハードウエアのリスト
- ハードウエ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







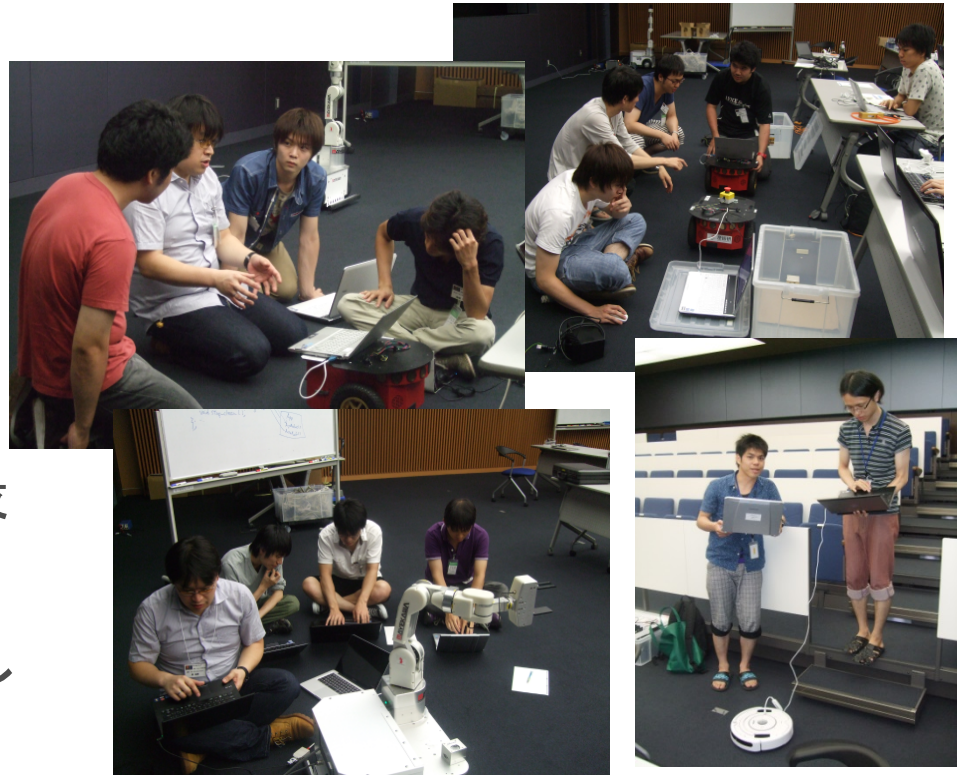
NEDO RTコンポーネント集

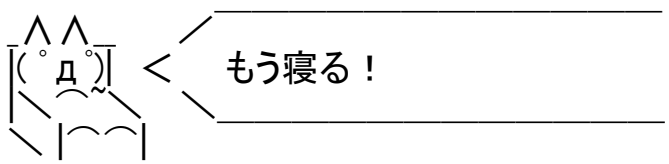
- www.openrtm.org に NEDO知能化PJ成果物の特別ページを設置
  - ツール
  - 作業知能モジュール
  - 移動知能モジュール
  - 対話知能モジュール
  - 商用ライセンスモジュール

  の5カテゴリに分けて掲載

サマーキャンプ

- 毎年夏に1週間開催
- 今年：8月4日～8月8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！





RTミドルウエアコンテスト

- 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：8月22日
  - 講演原稿〆切：9月26日
  - ソフトウエア登録：12月初旬ごろ
  - 発表・授賞式：12月15日（月）～17日（水）
    於：東京ビッグサイト

- 2013年度実績
- 応募数：22件
  - 計測自動制御学会 学会RTミドルウエア賞（副賞10万円）
  - 奨励賞（賞品協賛）：2件
  - 奨励賞（団体協賛）：12件
  - 奨励賞（個人協賛）：9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

ROS

ROSの良い点

- UNIXユーザに受けるツール（特にCUI）が豊富
- 独自のパッケージ管理システムを持つ
- ノード（コンポーネント）の質、量ともに十分
  - WGが直接品質を管理しているノードが多数
- ユーザ数が多い
- メーリングリストなどの議論がオープンで活発
- 英語のドキュメントが豊富

ROSの問題点

- Ubuntu以外の対応が今一つ
  - Windows対応はいろいろな人が試したがいまだに公式には含まれない
- コアライブラリの仕様が固まっていない
  - 他の言語で実装する際の妨げ
  - サードパーティー実装が出にくい
  - 品質を保証しづらい
- コンポーネントモデルがない

OpenRTM

OpenRTMの良い点

- 対応OS・言語の種類が多い
  - Windows、UNIX、uITRON、T-Kernel、VxWorks、QNX
  - Windowsでネイティブ動作する
- GUIツールがあるので初心者向き
- 仕様が標準化されている
  - OMGに参加すればだれでも変更可
  - サードパーティー実装が作りやすい
  - すでに10程度の実装あり
- コンポーネントモデルが明確
  - オブジェクト指向、UML・SysMLとの相性が良い
  - モデルベース開発
- IEC61508機能安全認証取得
  - RTMSafety

OpenRTMの問題点

- コンポーネントの数が少ない
- パッケージ管理システムがない
- CUIツールが少ない
  - UNIXユーザ受けしない
- ユーザ数が少ない
- 英語のドキュメントが少ない
- 知名度が低い
- 開発速度が遅い
  - 現在は開発者一人

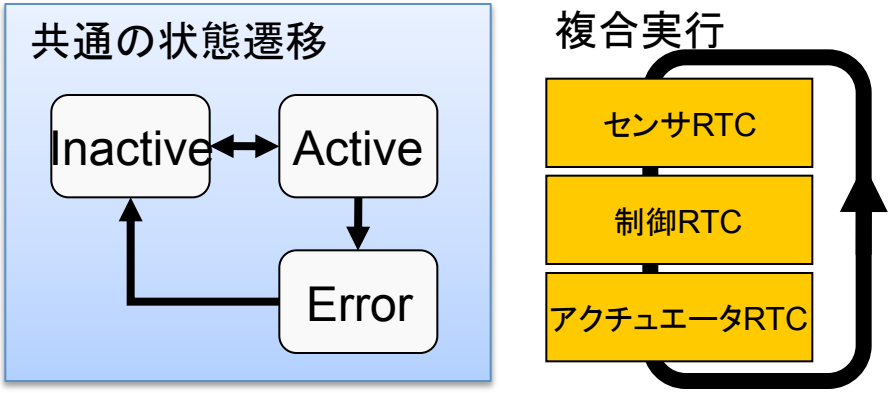
提言

- 自前主義はやめよう！！
  - 書きたてのコードより、いろいろな人に何万回も実行されたコードのほうが動くコードである！！
  - 自分にとって本質的でない部分は任せて、本当にやりたい部分・やるべき部分のコードを書こう！！
  - 誰かがリリースしたプログラムは一度は動いたことがあるプログラムである！！
  - 人のコードを読むのが面倒だからと捨ててしまうのはもったいない！！
- オープンソースにコミットしよう！！
  - 臆せずMLやフォーラムで質問しよう！！
  - どんなに初歩的な質問でも他の人にとっては価値ある情報である。
  - 要望を積極的にあげよう！！
  - できればデバッグしてパッチを送ろう！

RTコンポーネントの開発

RTC開発で利用できる4つの要素

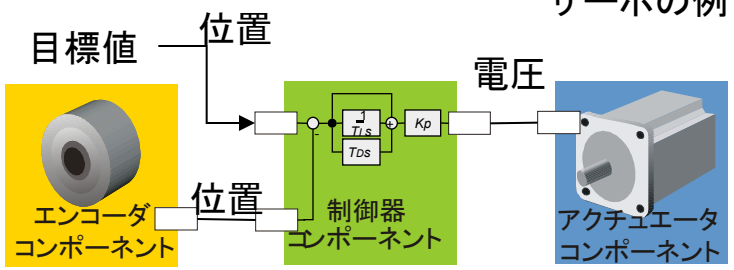
アクティビティ・実行コンテキスト



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

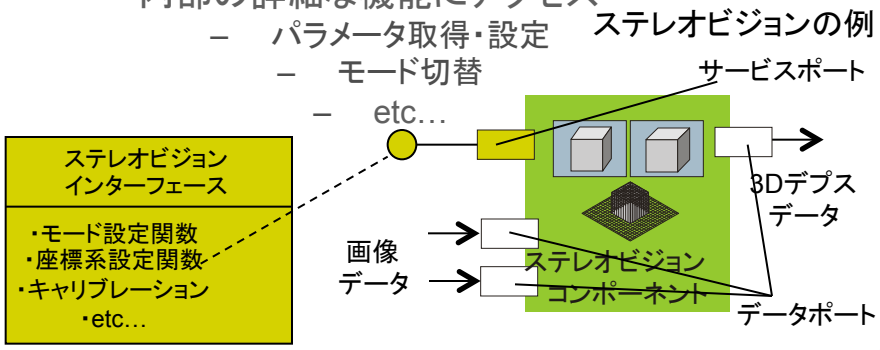
- データ指向ポート
- 連続的なデータの送受信
- 動的な接続・切断



データ指向通信機能

サービスポート

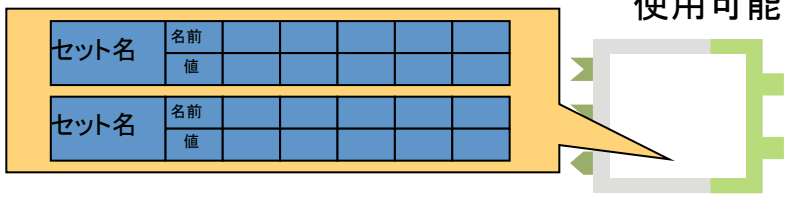
- 定義可能なインターフェースを持つ
- 内部の詳細な機能にアクセス
  - パラメータ取得・設定
  - モード切替
  - etc…



サービス指向相互作用機能

コンフィギュレーション

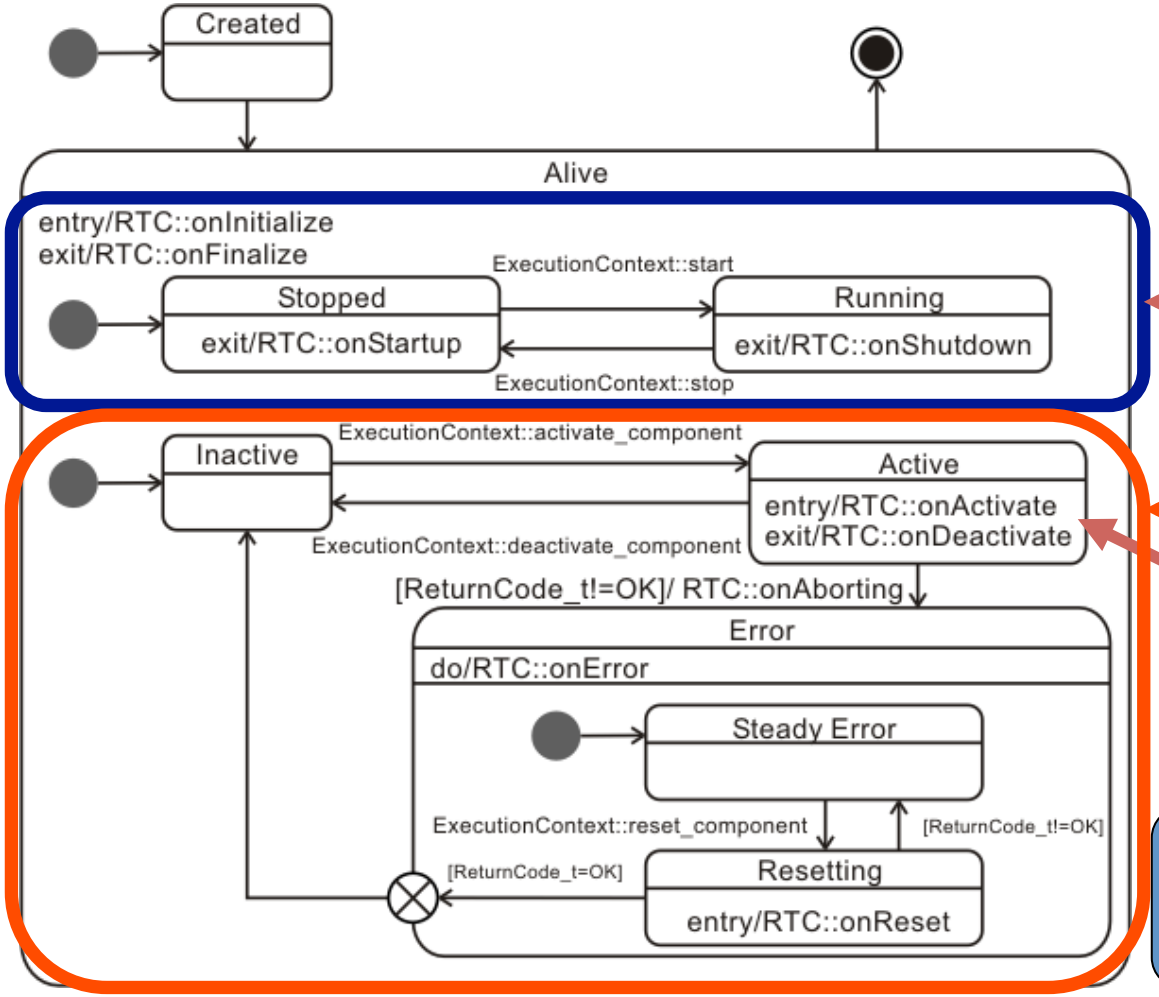
- パラメータを保持する仕組み
- いくつかのセットを保持可能
- 実行時に動的に変更可能



これら4つの要素を利用して，所望の機能を有するRTCの開発を行う．

アクティビティ
コンポーネント内の状態遷移

コンポーネント開発時には，常にこの状態遷移を意識しながら開発をする必要がある．



ユーザがあまり
意識しなくてよい部分

コンポーネント開発時に
必要な部分

ActiveDo/RTC::onExecuteはここに入る
（DataFlow型のコンポーネントのとき）

コールバック関数

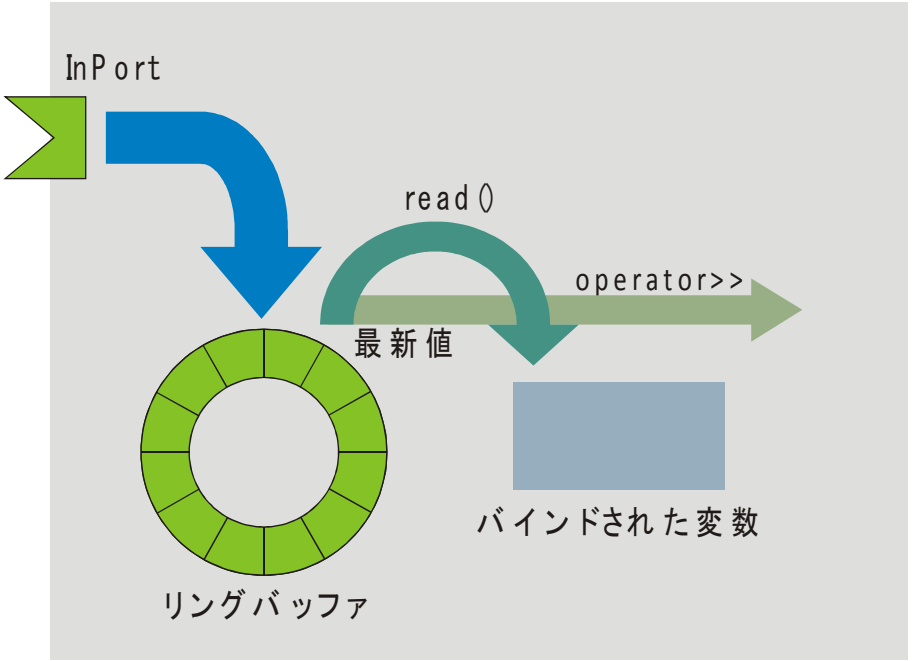
RTCの作成＝コールバック関数に処理を埋め込む

コールバック関数	処理
onInitialize	初期化処理
onActivated	アクティブ化されるとき1度だけ呼ばれる
onExecute	アクティブ状態時に周期的に呼ばれる
onDeactivated	非アクティブ化されるとき1度だけ呼ばれる
onAborting	ERROR状態に入る前に1度だけ呼ばれる
onReset	resetされる時に1度だけ呼ばれる
onError	ERROR状態のときに周期的に呼ばれる
onFinalize	終了時に1度だけ呼ばれる
onStateUpdate	onExecuteの後毎回呼ばれる
onRateChanged	ExecutionContextのrateが変更されたとき1度だけ呼ばれる
onStartup	ExecutionContextが実行を開始するとき1度だけ呼ばれる
onShutdown	ExecutionContextが実行を停止するとき1度だけ呼ばれる

とりあえずは
この5つの関数
を押さえて
おけばOK

データポート：InPort

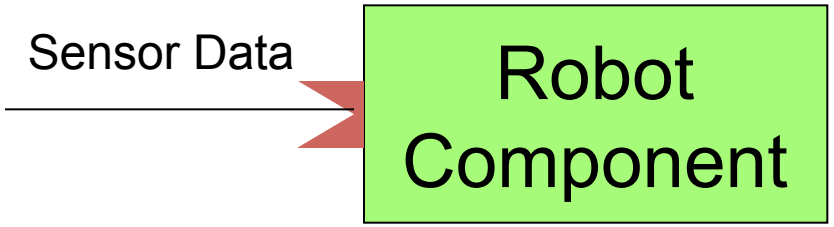
- InPortのテンプレート第2引数：バッファ
  - ユーザ定義のバッファが利用可能
- InPortのメソッド
  - read(): InPort バッファからバインドされた変数へ最新値を読み込む
  - >> : ある変数へ最新値を読み込む



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

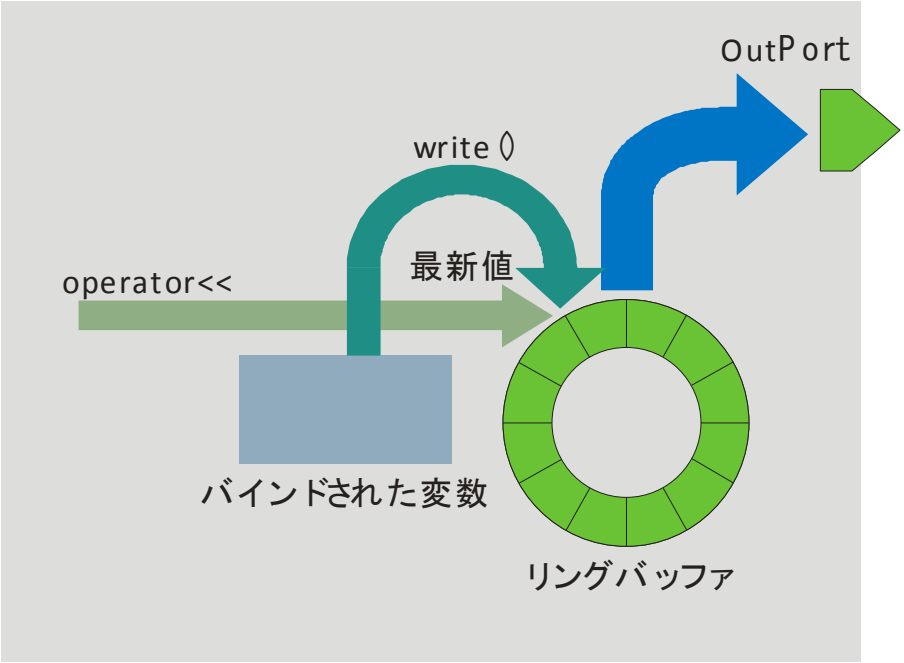
例



逐次ロボットの手先位置を変更しながら動作させる必要がある場合などに利用

データポート:OutPort

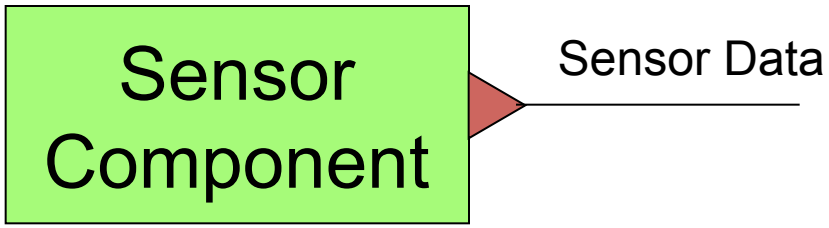
- OutPortのテンプレート第2引数:バッファ
  - ユーザ定義のバッファが利用可能
- OutPortのメソッド
  - write(): OutPort バッファへバインドされた変数の最新値として書き込む
  - >> : ある変数の内容を最新値としてリングバッファに書き込む



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



データ変数

データだけでなく，時間も含んだデータフォーマットを採用.
単一データからシーケンスデータまで利用可能

```
struct TimedShort
 {
      Time tm;
      short data;
 };
```

- 基本型
  - tm：時刻
  - data: データそのもの

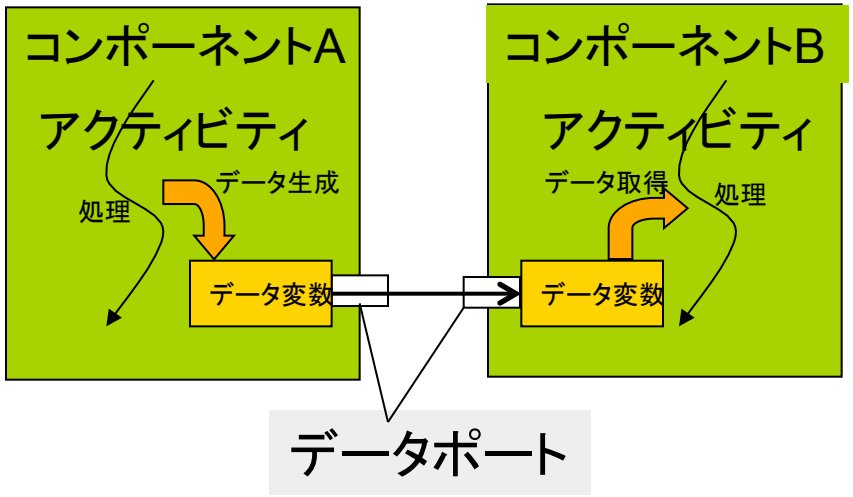
```
struct TimedShortSeq
 {
      Time tm;
      sequence<short> data;
 };
```

- シーケンス型
  - data[i]: 添え字によるアクセス
  - data.length(i): 長さiを確保
  - data.length(): 長さを取得

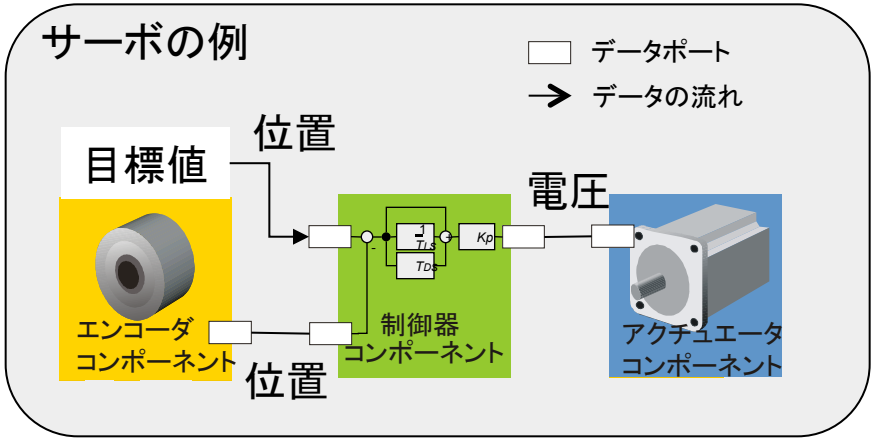
- データを入れるときにはあらかじめ長さをセットしなければならない。
- CORBAのシーケンス型そのもの
- 今後変更される可能性あり

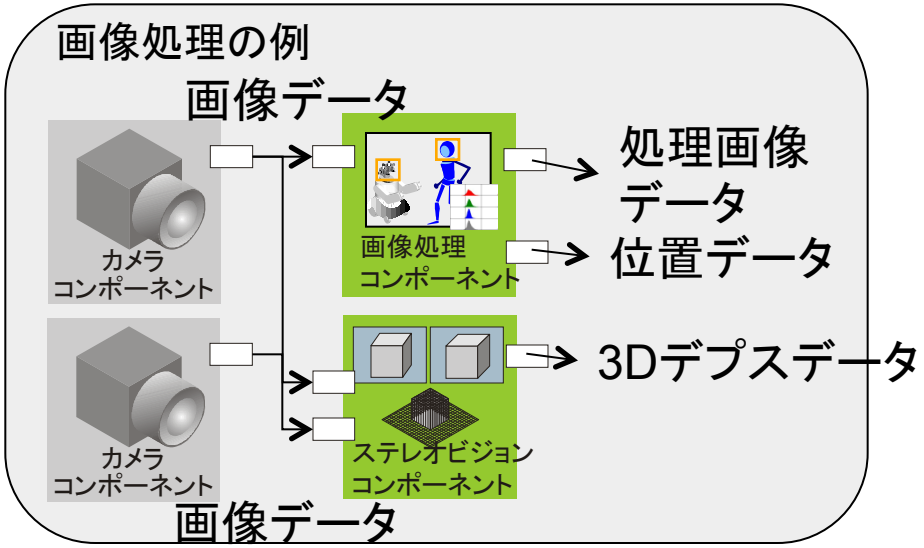
データポートの利用イメージ

- 主にロボットの下位レベル処理に利用
- 同じデータ型のポート同士接続可能
- 動的に接続・切断可能



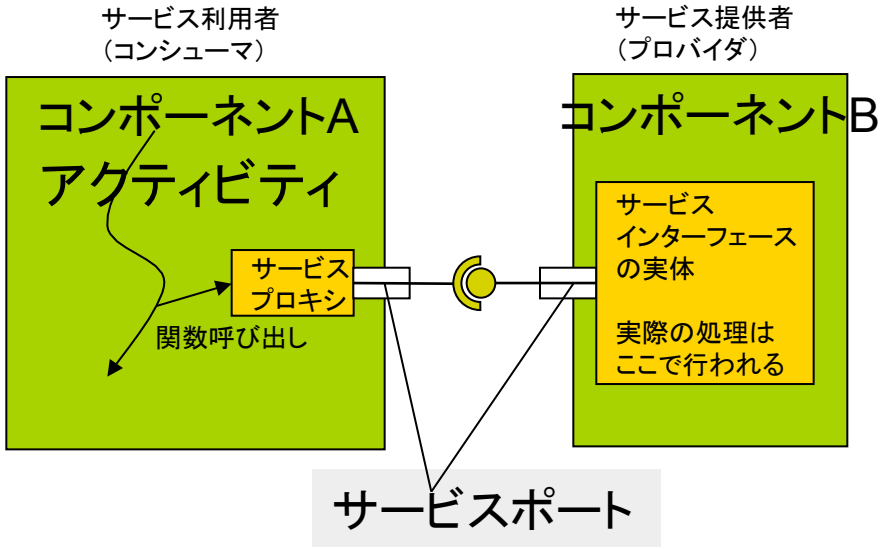
データが自動的に伝送される

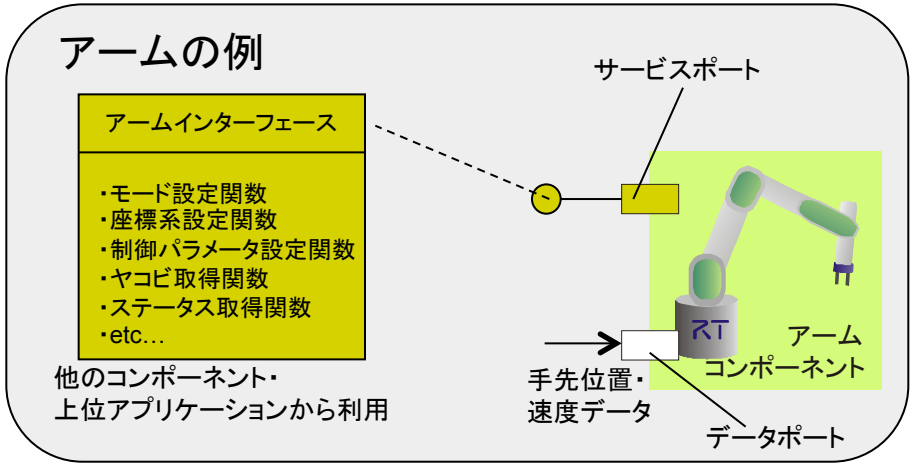


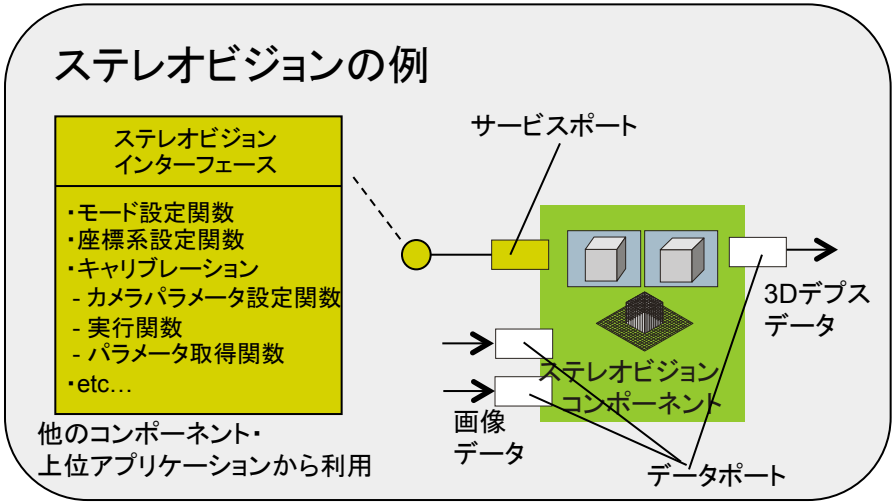


サービスポート

- 任意に定義可能なインターフェースを持つポート
  - コマンド・関数を自由に追加
  - 他のコンポーネントからアクセス可能
  - （本当は標準化したい）
- 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
  - 処理の依頼と結果取得
  - etc…







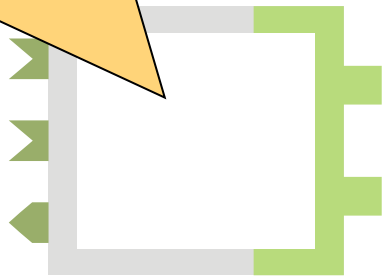
コンフィグレーション

- コンフィギュレーション
  - パラメータを管理
  - コンフィギュレーションセット
    - セット名、名前：値のリスト
    - 複数のセットを保持
    - セットを切替可能

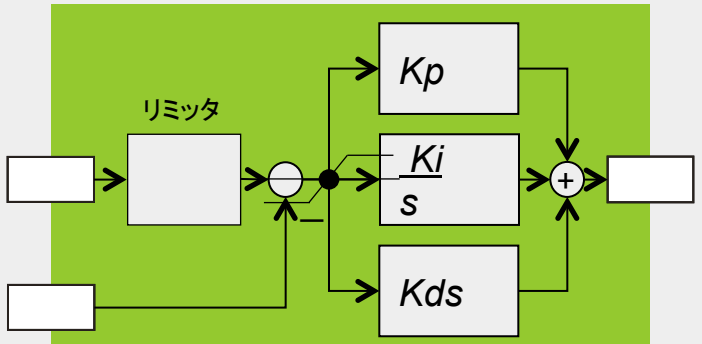
複数のセットを
動作時に
切り替えて
使用可能

セット名	名前					
	値					

セット名	名前					
	値					



PIDコントローラの例



modeA	名前	Kp	Ki	Kd	Inmax	Inmin
	値	0.6	0.01	0.4	5.0	-5.0

modeB	名前	Kp	Ki	Kd	Inmax	Inmin
	値	0.8	0.0	0.01	10.0	-10.0

modeC	名前	Kp	Ki	Kd	Inmax	Inmin
	値	0.3	0.1	0.31	1.0	-1.0

制御対象やモードに応じて複数のPIDゲインおよび入力リミッタ値を切り替えて使用することができる。
動作中の切り替えも可能。

RTコンポーネントの設定ファイル rtc.conf

RT Component起動時の登録先NamingServiceや、登録情報などについて記述するファイル

記述例：

corba.nameservers: localhost:9876

naming.formats: SimpleComponent/%n.rtc

（詳細な記述方法は etc/rtc.conf.sample を参照）

以下のようにすると、コンポーネント起動時に読み込まれる

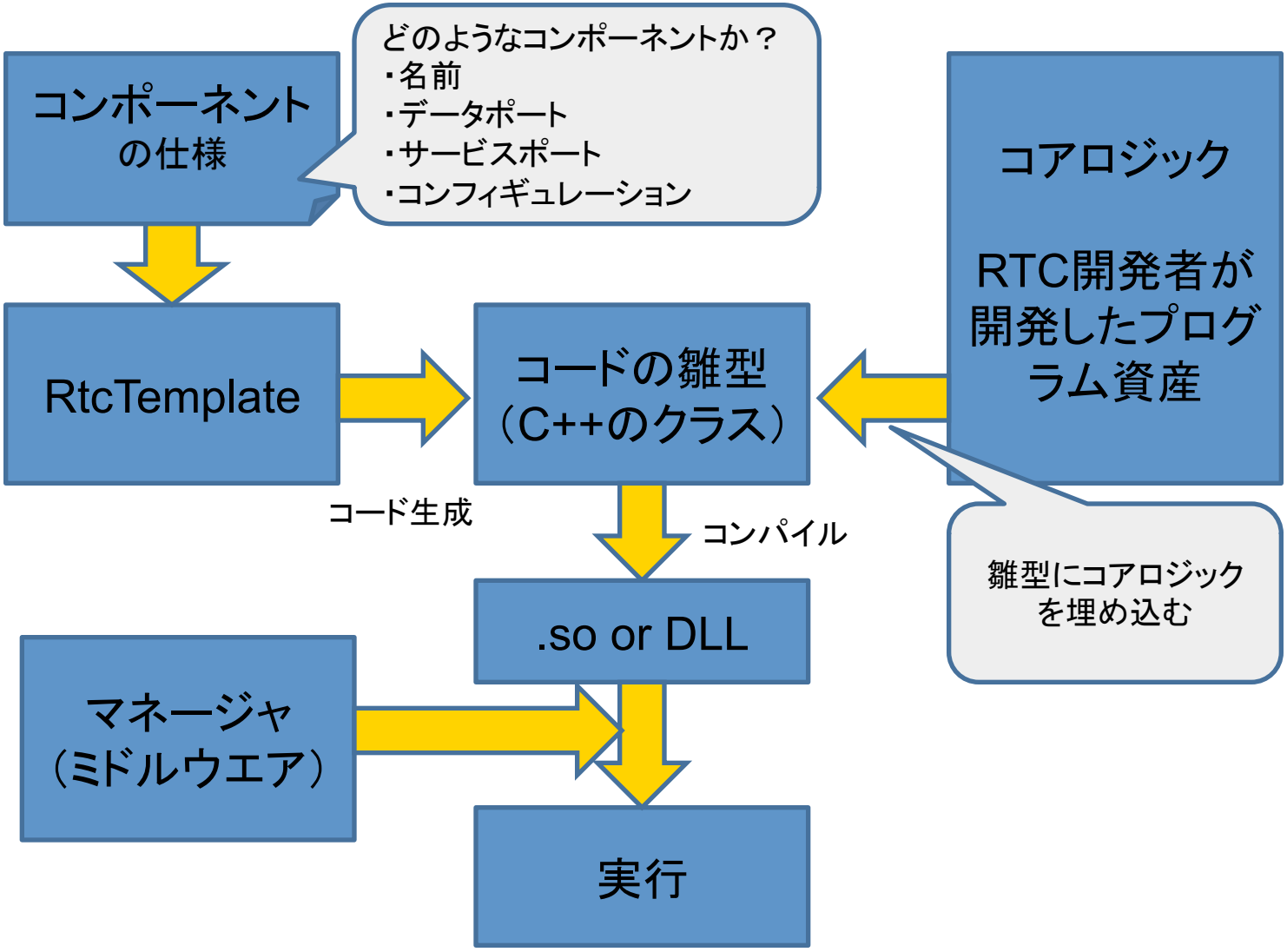
./ConsoleInComp –f rtc.conf

rtc.confに記載可能な項目については，下記のページを参照

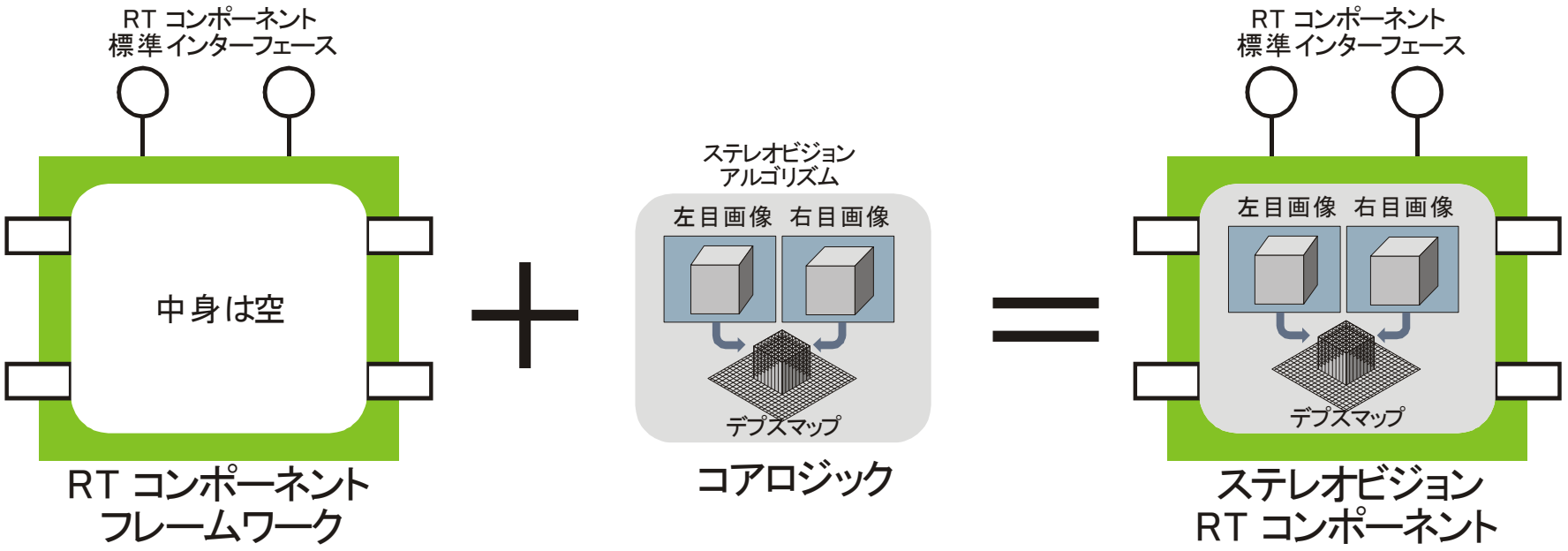
http://www.openrtm.org/openrtm/ja/content/rtcconf%E8%A8%AD%E5%AE%9A%E9%A0%85%E7%9B%AE%E4%B8%80%E8%A6%A7

RTコンポーネントの開発・運用方法

OpenRTMを使った開発の流れ

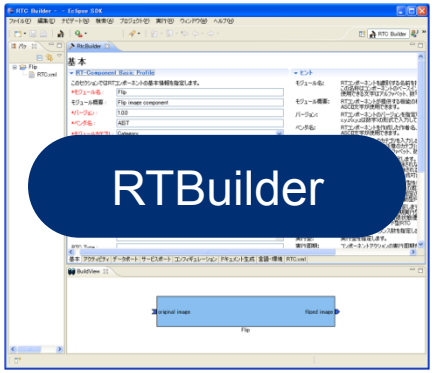


フレームワークとコアロジック

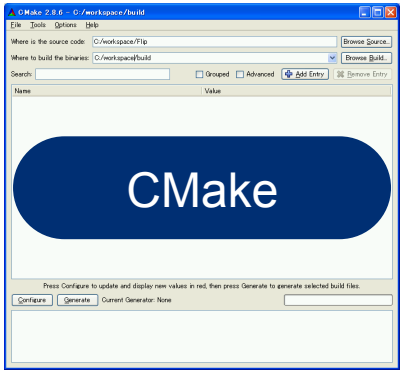


RTCフレームワーク＋コアロジック＝RTコンポーネント

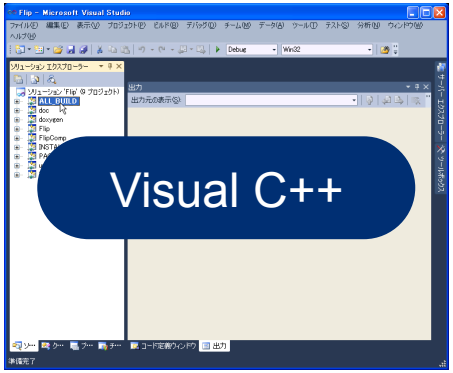
コンポーネントの作成・運用
（Windowsの場合）



コンポーネントの
仕様の入力

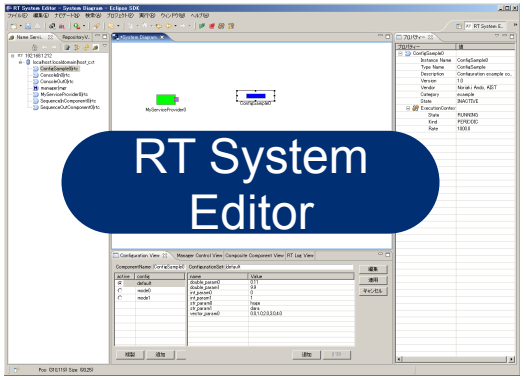


VCのプロジェクト
ファイルの生成



実装および
VCでコンパイル
実行ファイルの生成

テンプレートコード
の生成



RTコンポーネント同士を接続し，
RTシステムの構築

まとめ

- RTミドルウエアの概要
  - 背景、目的、利点
  - 標準化、適用例
  - 過去のプロジェクト、Webページ
- RTコンポーネントの開発
  - 開発の流れ
  - 動作シーケンス
  - コールバック、データポート、rtc.conf