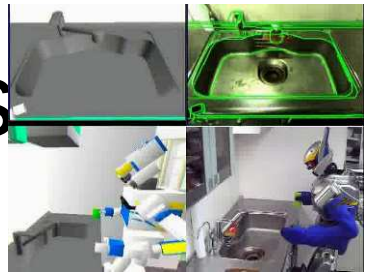
RTM・RTCセミナー

RTM・ROSの相互運用技術

東京大学　情報システム工学研究室
岡田　慧
k-okada@jsk.t.u-tokyo.ac.jp

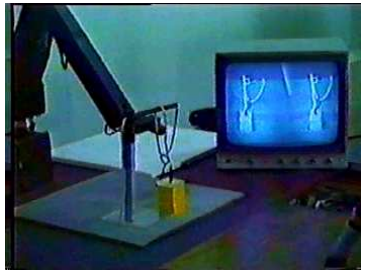
H6 & H7 Humanoid
1999 S. Kagami, .Nishiwaki

Musculoskeletal
2000- I. Mizuuch,



Assistive Humanoid
2002 K. Okada

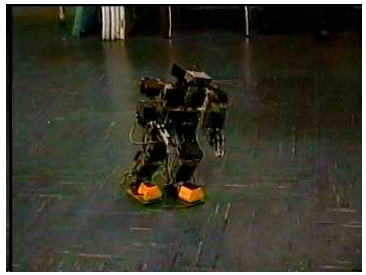
OSS,RTM,ROS
OpenRAVE
2010 R.Diankov



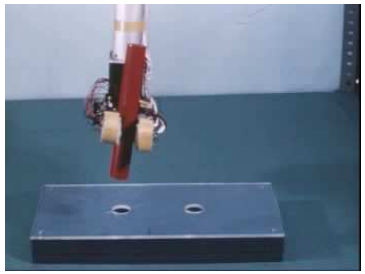
COSMOS:
CognitiveSensor Motor
Operation Studies
1981 T. Ogasawara,
T.Matsui, H. Mizoguchi,
M.Inaba, H.Inoue

COE Realworld IT
Interactive Systems
2004 T. Inamura

IRT Home
Assistance
2006- R Hanai,
K.Yamazaki



Remote-Brained
Robotics
1993 M. Inaba



Bilateral
1969 H. Inoue

IRT → OSS

HRP2 Integration

Musculoskeletal Humanoid

Sensor Suit → Sensor Flesh

Remote-Brained Robotics: about 60 robots

HARP: Humanoid Autonomous Robot Project H1-H7

Vision-Based Robotics: Manipulation, Interaction, Navigation

COSMOS: Lisp-based Robot System Integration Environment

1980 1990 2000 2010

ROS & WillowGarage

- WillowGarage (Menlo Park, CA)
  - 2006年 創立
    当初は家庭用ロボット，ロボット車，ロボットヨットを目的
    Founder : S. Hassan : eGroups創業者。Google開発者
    CEO : S. Cousins ：IBM,Xerox研究マネージャ
  - Milestone 1 2008/12/12 3.14km のナビゲーション
  - Milestone 2 2009/6/3 ドアと電源プラグを指して移動
  - Milestone 3 2010/1/22 ROS1.0
  - Milestone 4 2010/6/29 PR2 Beta Program 開始
- *ROS (Robot Operating System)*
  ＝ plumbing + tools + capabilities + ecosystem
  - 2007年 Switchyard Stanford AI研
    M.Quigleyが開発を開始
  - 2008年 WillowGarage社がサポート開始
    B. Gerkey（Stage/Player）が参画
  - 2012年 米国DARPAや欧州プロで採用

2008 K. Wyrobek, E. Berger, H.F.M. Van der Loos, K. Salisbury

ROS利用機関の分布

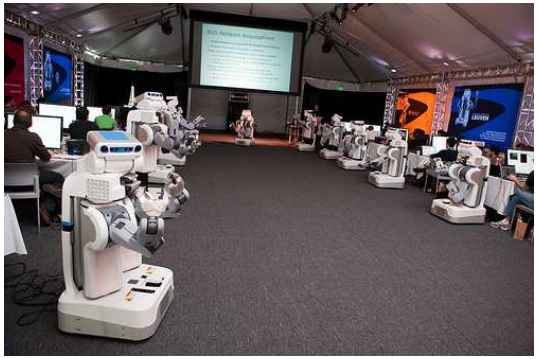
http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=209668390659853657363.00049c608b78bc7779683

PR2 Beta Program (2010-2012)

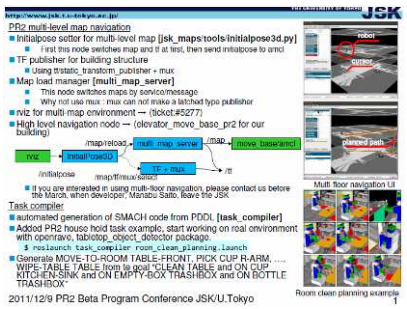
- PR2ロボット（$400,000相当）を無償提供．研究成果はオープンソース化．2ヶ月毎の報告会．
- 78件の応募から11件．米国7，欧州3，日本1．
- ミーティングは世界同時電話会議
  - 14:00 for Berkeley, Stanford, Bosch, USC
  - 17:00 for Georgia Tech, MIT, Penn
  - 23:00 for Freiburg, Leuven, TUM
  - 07:00 for JSK

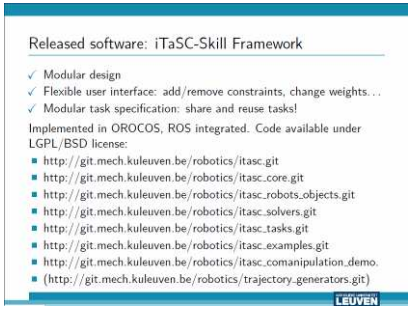
  内容は公開したソフトウェアパッケージを紹介

  PR2を購入した機関も参加可能（フランス2ヶ所、北米6ヶ所、英国1ヶ所、韓国1ヶ所、インド1ヶ所）



PR2 Beta Training Workshop (2010/5/24-28)





CoTeSys-ROS Fall School on Cognition-Enabled Mobile Manipulation (2010/11/1-6)

Willow Garage to Shut Down? Company Says 'No, Just Changing' (2013/2/11)

知能ロボットコンサル企業

hiDOF

hiDOF was founded by a group of engineers from Willow Garage seeking to leverage advanced robotic technology and tools for commercial applications.
- Eitan Marder-Eppstein, Wim Meeusse, E. Gil Jone, Vijay Pradeep, Steve Cousins.

テレプレゼンス販売企業

SUITABLE TECHNOLOGIES

Suitable Technologies is a startup working to fulfill the promise of remote presence technology. Our mission is to connect people separated by distance in the most natural way possible.
- Scott Hassan, Josh Tyler, Bo Preising, Milan Bhalala

産業用視覚コンサル企業

ipi

Industrial Perception is the second spinoff of Willow Garage where the founders were members of the research and software engineering teams.
- Kurt Konolige, Gary Bradski, Ethan Rublee, Stefan Hinterstoisser, Troy Straszhei

基盤ミドルウェア支援財団

Open Source Robotics Foundation, Inc. (OSRF) is an independent non-profit organization founded by members of the global robotics community.
- Brian Gerkey, John Hsu, Roberta Friedman, Nate Koenig, Steffi Paepcke, Morgan Quigley

Willow Garage

WillowGarage (2006-)
WillowGarage develops hardware and open source software for personal robotics application
- Scott Hassan, Steve Cousins

三次元視覚支援NPO

We are an internationally renowned group of expert scientists and engineers, working together to solve complicated 3D perception problems.
- Radu B. Rusu, David Boardman, Steve Cousins, Frank Dellaert, Anwar Ghuloum, Ken Spratlin,

NEDO 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト 2011年度RTMROS相互運用プロジェクト

- オープンソースソフトウェア
  - コミュニティ型開発でデファクトとイニシアティブを獲得
  - 計算機分野ではLinux, Apache, Android等の成功事例
- ロボット分野におけるオープンソース
  - OpenCV, Player, OpenHRP, OpenRAVE等の知的モジュール
  - ヨーロッパではOrocosやiCubなど独自のプラットフォームが展開
  - わが国では国際標準規格に基づいたコンポーネント開発が容易なOpenRTMを推進
  - 米国を中心にROS (Robot Operating System) がユーザを増やしている

- 相互運用プロジェクトのテーマ
  - OpenRTMとROSはどのような連携があり，どう行うのが良いのか
  - プロジェクト後の継続的な展開も含めた相互運用のあり方

OpenRTMとROSの比較

- OpenRTMはRTM規格に基づき，品質保証されたコンポーネントの開発に主眼があり，企業が利用しやすいようになっている.
- 一方ROSは知能モジュール開発環境の提供に主眼があり，また，基盤ソフトの更新が頻繁に行われ研究者コミュニティ向け.

	OpenRTM	ROS
開発主体	経産省・文科省・NEDO等	米国民間企業
ライセンス	オープン／クローズド共存	オープンライセンスが基本
基盤開発	産業技術総合研究所	ウィローガレージ社＋有志
設計方針	コンポーネント化 再利用性を重視し厳格化	ライブラリ化 開発効率を重視し緩い規格
注力分野	コンポーネント開発環境 知能ソフト開発中心	コミュニティ環境 開発者の支援，繋がり構築
品質管理	国際組織による規格化 再利用センタによる保証	無し（利用者コミュニティ内での自主的相互確認）

OpenRTMとROSの利用機関数・ソフトウェアモジュール数

- ROSの利用機関数，ソフトウェアモジュール数
  ・利用機関数 114 （内企業数14≒8%)
  ・ソフトウェアモジュール数 150(ROS Stack数，Package数は3000以上)
  出典：http://www.ros.org/wiki/Metrics

OpenRTMは企業に広く浸透しています

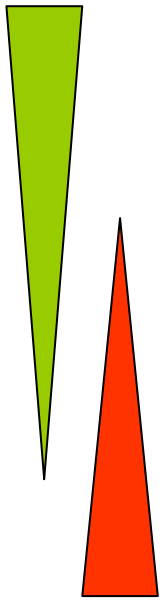
- OpenRTMの利用機関数，ソフトウェアモジュール数
  ・利用機関数 45 （内企業数15≒33%，コンソ参加企業数)
  ・ソフトウェアモジュール数 322件(再利用センタ登録件数)

http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=209668390659853657363.00049c608b78bc7779683

http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=202046448223103795061.0004af11ddd066defcdfb

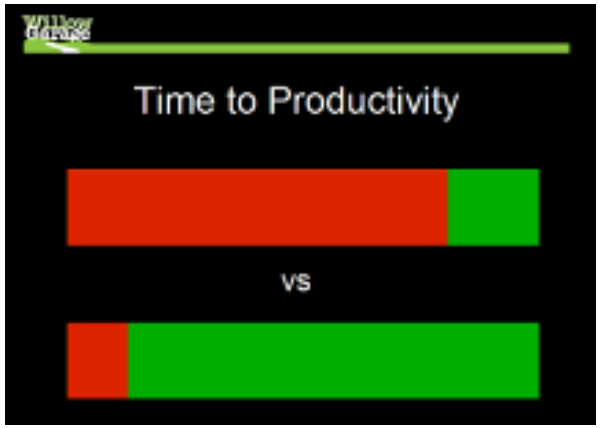
相互運用プロジェクトにおける RTM-ROS統合方式

- アプリケーション
- 知能モジュール
- ライブラリ
- シミュレータ
- 通信ライブラリ
- デバイスドライバ
- 開発ツール



研究・事業化
RTM知能化の
ターゲット領域

ツール
ROSの得意とする領域



WillowGarage社のスライドより．赤が研究に必要なツール作成等の雑作業．緑が研究そのもの．現状は上．多くの時間をツール作業に費やす．ROSは研究サポートを行うツール
（ Steve Cousins speaking at Robo Development: http://www.willowgarage.com/blog/2008/11/17/steve-cousins-speaking-robo-development-tuesday より）

→ オープンソースツール上にRTM-ROS統合環境を構築

- ねらい1：世界中の研究成果をOpenRTMロボットに取り込み統合できるように
- ねらい2：RTMモジュールの効率的な開発・保守環境により更なる発展を可能に

What is ROS exactly?

ROS = 通信ライブラリ + ツール + 基盤 + エコシステム

通信ライブラリ：ROSは分散型計算システムの迅速，簡易な構築のために設計された出版・購読型のメッセージ通信基盤を提供するものである.

ツール：ROSは分散型計算システムの設定，起動，監視，デバッグ，視覚化，ログ取り，停止を行う広範囲なツールを提供するものである.

基盤：ROSは移動，操作，認識を中心に大量の有用なロボットライブラリ群を提供するものである.

エコシステム：ROSはインテグレーションとドキュメンテーションを中心として大規模なコミュニティによって支えられ，発展している．ros.orgは世界中の開発者から提供された大量のROSパッケージを見つけて，習得するためのワンストップサービスである.

Dec 06 '11
Brian Gerkey

http://answers.ros.org/question/12230/what-is-ros-exactly-middleware-framework-operating

ロボット知能化コンポーネント統合開発支援環境

- RTM統合支援開発ツール
  - パッケージソースコード開発管理ツール(rosmake)
    - 依存関係のあるパッケージのコンパイル．インクルードファイルへのパス，ライブラリへのリンク，IDLファイルのC++/Java/Pythonへのコンパイル，リンクを自動で行う
  - プログラムコンポーネント実行管理ツール(roslaunch)
    - 複数のプログラムコンポーネントの実行
    - オンラインでのパラメータ設定，引数設定
    - コンポーネント間のでのデータポート，サービスポートの接続
  - ドキュメンテーションツール・テスティングサーバ
- ROSコンポーネントの取り込み
  - ナビゲーション，プランニング，三次元認識

RTMROS相互運用環境

http://rtm-ros-robotics.googlecode.com

1. rosmake コマンドを用いた OpenRTM コンポーネントのコンパイル
   - rtmbulid/cmake/rtmbuild.cmake
   - OpenRTM idl ファイルのコンパイルとリンク
2. roslaunch コマンドを用いた OpenRTM コンポーネントのの実行
   - openrtm/scripts/rtmlaunch.py
   - OpenRTMコンポーネント管理のために <rtconnect> <rtactivate> タグの追加

CMakeLists.txt の例 (hrpsys/CMakeLists.txt)

```
cmake_minimum_required(VERSION 2.4.6)
include($ENV{ROS_ROOT}/core/rosbuild/rosbuild.cmake)
rosbuild_find_ros_package(rtmbuild)
include(${rtmbuild_PACKAGE_PATH}/cmake/rtmbuild.cmake) # include rtmbuild.cmake
rtmbuild_init() # this calls rosbuild_init() inside
rtmbiild_genidl()                                      # compile idl
rtmbuild_add_executable(AbsTransformToPosRpy src/AbsTransformToPosRpy.cpp
    src/AbsTransformToPosRpyComp.cpp)                  # compile component
```

Launch ファイルの理恵 (openrtm/launch/MobileRobot_2DSimulator_Example.launch)

```
<node name="rtmlaunch" pkg="openrtm" type="rtmlaunch.py" args="$(find
    openrtm)/launch/MobileRobot_2DSimulator_Example.launch" />
<rtconnect from="TkJoyStick0.rtc:pos" to="TkMobileRobotSimulator0.rtc:vel" />
<rtactivate component="TkJoyStick0.rtc" />
<rtactivate component="TkMobileRobotSimulator0.rtc" />
```

ソフトウェアのインストール方法

- ROS環境のインストール

```
$ wget https://jsk-ros-pkg.svn.sourceforge.net/svnroot/jsk-ros-pkg/trunk/jsk.rosbuild -O /tmp/jsk.rosbuild
$ bash /tmp/jsk.rosbuild
```

- RTMROS相互環境のインストール

```
$ rosinstall ~/prog/rtm-ros-robotics /opt/ros/electric http://rtm-ros-robotics.googlecode.com/svn/tags/latest/agentsystem_ros_tutorials/rtm-ros-robotics.rosinstall
$ source ~/prog/rtm-ros-robotics/setup.bash
```

- RTMROS相互環境の準備コンパイル

```
$ rosdep install hironx_ros_bridge
$ rosmake hironx_ros_bridge
```

パッケージソースコード開発管理ツール

- rosmakeのRTM対応
  - パッケージの依存関係を解析し，対象とするコンポーネントが依存するパッケージ群に対して，ヘッダファイルへのインクルード，ライブラリへのリンク，IDLファイルのコンパイル，リンクの自動的に行うツール.
  - 例: hironx_ros_bridge パッケージにあるコンポーネントの生成

```
$ rosmake hironx_ros_bridge
```

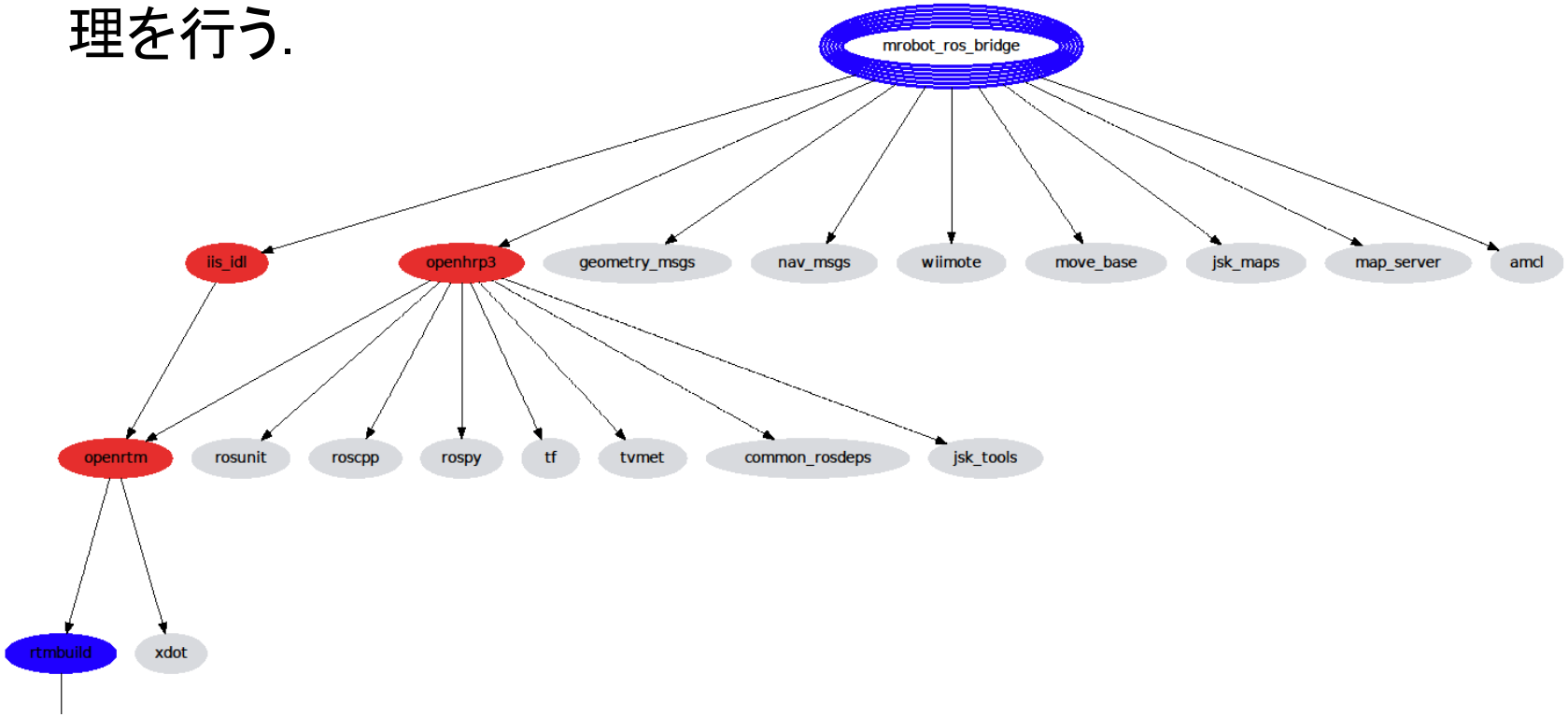
1コマンドでROS, RTMが混在する複雑な依存関係を解析し，必要な全てのパッケージのコンパイルやリンク，IDL生成を含めてターゲットコンポーネントの生成処理を行う.

→ROS機能を取り込んだRTMコンポーネントを生成可能.

→複雑な手順を踏まなくともRTMコンポーネントのコンパイルを1コマンドで実現.

```
$ rosmake hironx_ros_bridge
```

1コマンドでROS, RTMが混在する複雑な依存関係を解析し，必要な全てのパッケージのコンパイルやリンク，IDL生成を含めてターゲットコンポーネントの生成処理を行う.



プログラムコンポーネント実行管理ツール

- RoslaunchのRTM対応
  - 複数のプログラムコンポーネントの実行，オンラインでのパラメータ設定，引数設定，コンポーネント間のデータポート，サービスポートの接続を行うツール
  - 例： hironx_ros_bridge パッケージにある移動シミュレータを起動

```
$ roslaunch hironx_ros_bridge
  hironx_ros_bridge_simulation.launch
```

１つのコマンドでbeegoの移動機能シミュレーションに必要な10個以上の全てのROS, RTMコンポーネントの起動と相互接続を行う.

→RTM，ROS混成環境でのコンポーネントの実行を1コマンドで実現

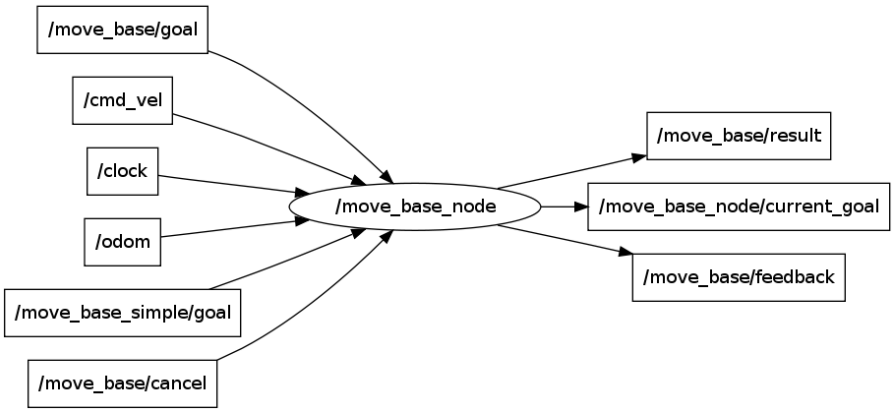
→ 相互運用環境におけるコンポーネントのコンパイル並びに実行が容易なツール群を構築することで，知能化コンポーネント動作検証・文章化の自動化環境が実現

ROSモジュール自動相互運用RTC
ROSモジュールをRTMから利用する

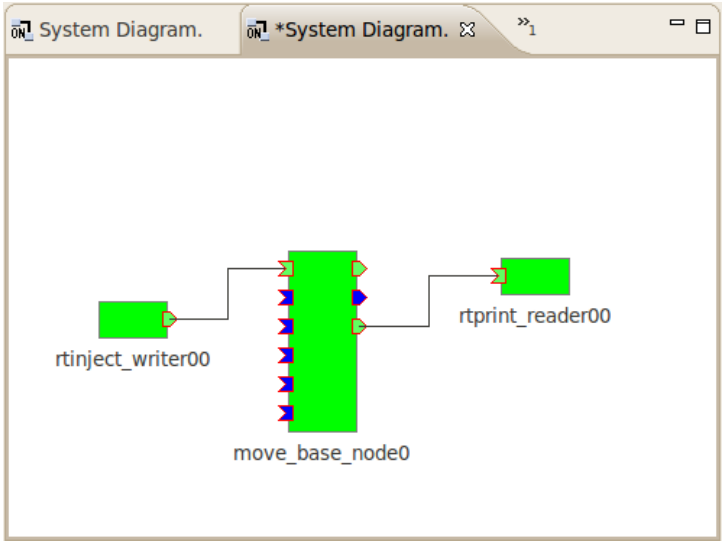
- 稼動しているROSモジュールから自動的にRTMコンポーネントを作成するプログラム

```
$ roslaunch move_base_stage_tutorial robot.launch
$ roslaunch rosnode_rtc stage_sample.launch
```

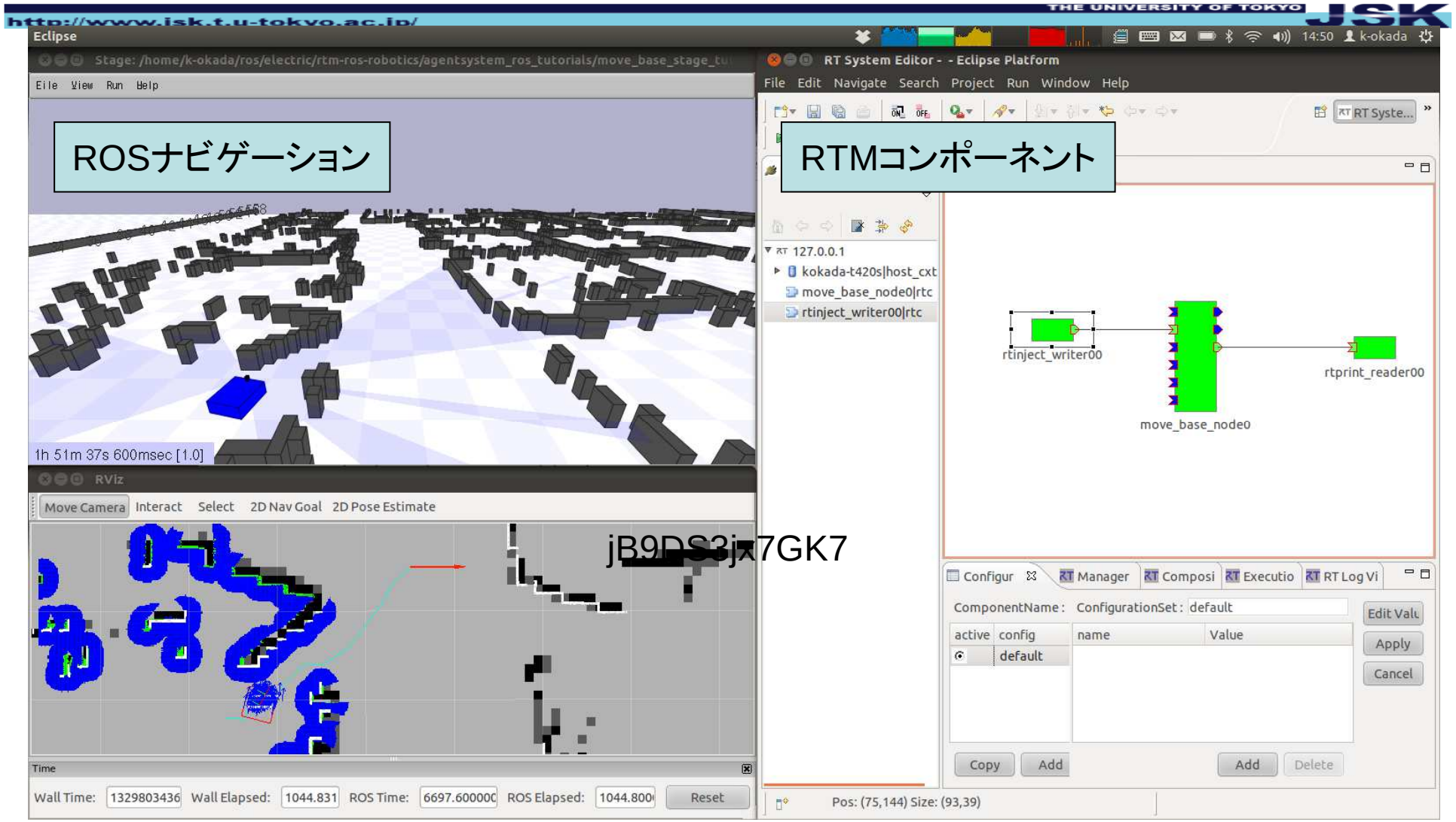
  - 稼動しているROSモジュールの入出力メッセージを解析
  - 対応するOpenRTM用のIDLファイルを出力
  - 生成されたIDLファイルを利用してRTMコンポーネントを生成．ROSメッセージとRTMデータポートの相互変換を提供
- ROSで記述された3000のパッケージを全てRTMから利用するための基盤を構築



ROSのナビゲーションノード



自動生成されたROSナビゲーション機能を提供するRTMコンポーネント



ROSナビゲーションチュートリアルの実行

```
$ roslaunch move_base_stage_tutorial robot.launch
$ rosrun rviz rviz -d `rospack find movebase_stage_tutorial`/config/rviz.vcg
```

ROSノードからRTMコンポーネントの自動生成

```
$ roslaunch rosnode_rtc stage_sample.launch
```

RTMのデータポートからROSのナビゲーションを制御する例

```
$ rosrun rosnode_rtc stage_sample_send_goal.sh
```

RTCコンポーネント自動相互変換ノード

RTCをROSから利用する

- RTCコンポーネントから自動的にROSノードを生成するプログラム
- rtmbuild.cmake に以下のcmake macrosを記述

```
rtmbuild_init()
rtmbuild_genidl
rtmbuild_genbridge()
```

- idl ファイルをコンパイルし，ROS のサービスメッセージファイルと，OpenRTM/ROS相互変換ノードのソースプログラムを自動生成する

```
module SimpleService {
 typedef sequence<string> EchoList;
 typedef sequence<float> ValueList;
 interface MyService
 {
   string echo(in string msg);
   EchoList get_echo_history();
   void set_value(in float value);
   float get_value();
   ValueList get_value_history();
 };
 };
```

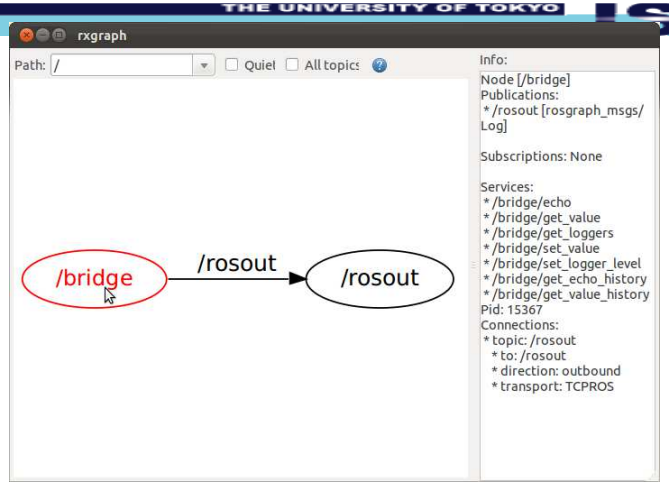
SimpleService IDL File

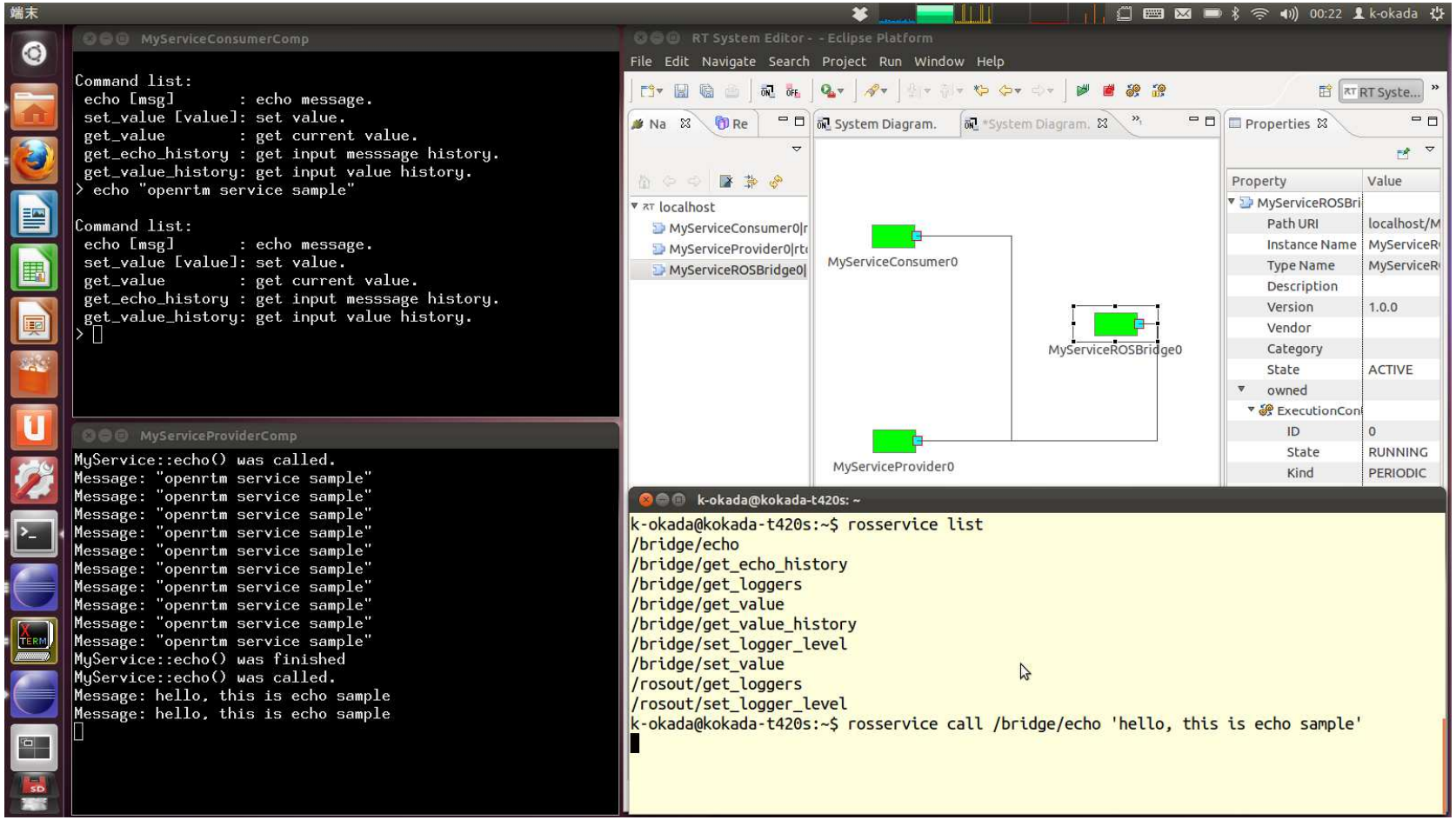
```
$ ls rc_gen/
MyServiceROSBridge.cpp
MyServiceROSBridge.h
MyServiceROSBridgeComp.cpp

$ ls srv
SimpleService_MyService_echo.srv
SimpleService_MyService_get_echo_history.srv
SimpleService_MyService_get_value.srv
SimpleService_MyService_get_value_hisotory.srv
SimpleService_MyService_set_value.srv
```

Generated Service messages

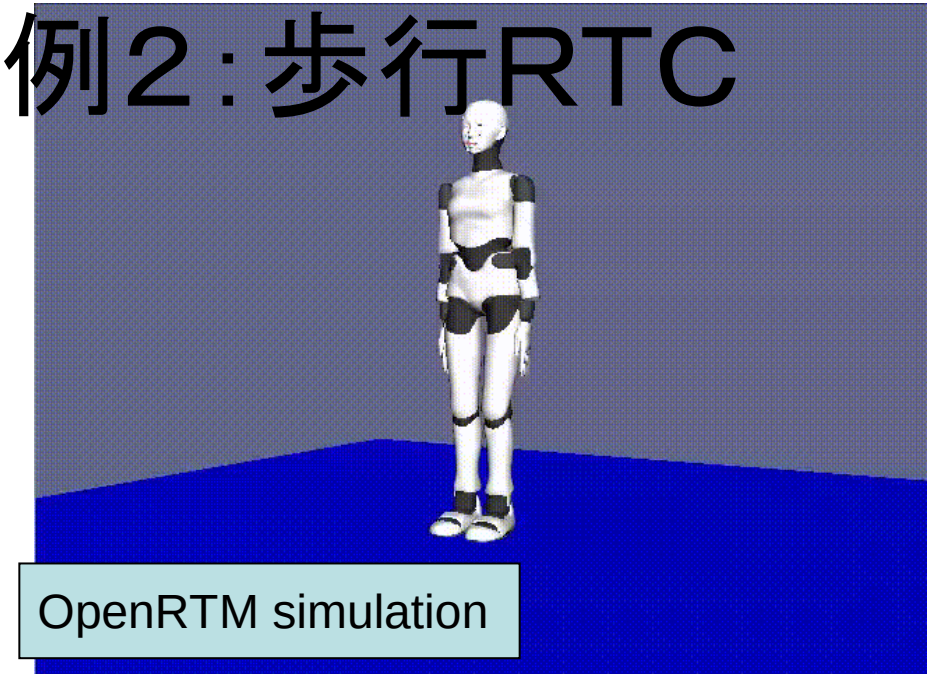
例1：SimpleService

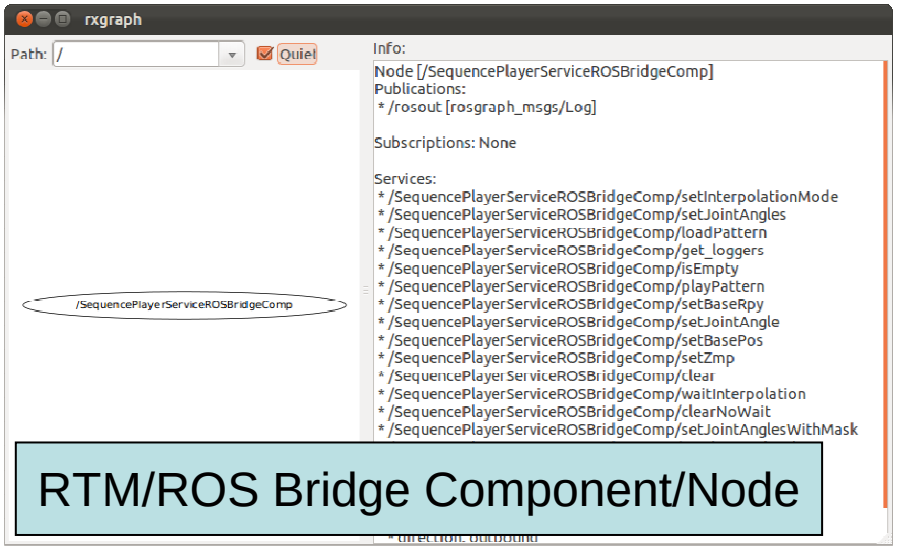
- OpenRTM のSimple Service example を rosservice から呼ぶ

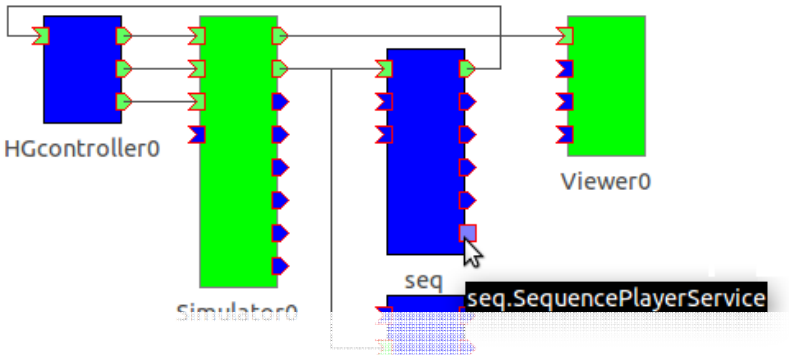


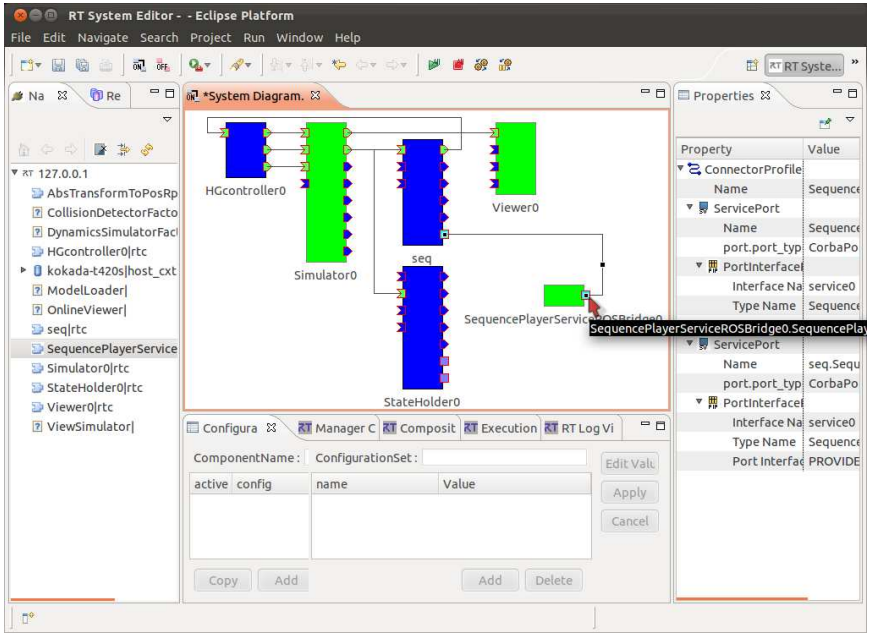


例2：歩行RTC









Launch OpenRTM humanoid example

```
$ roslaunch hrpsys hrp4c.launch
$ rosrun openhrp3 rtsysedit.sh
```

Launch ROS-OpenRTM bridge component

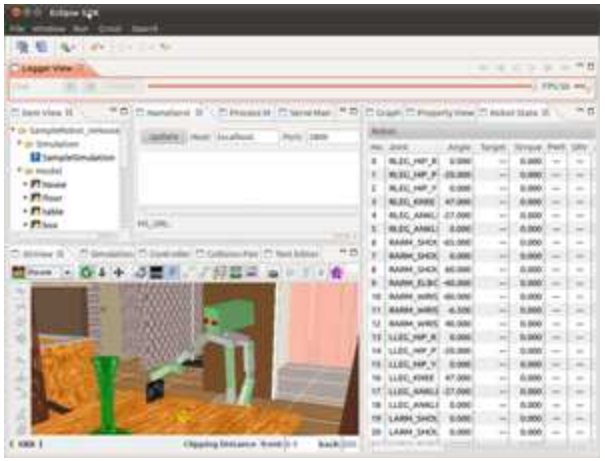
```
$ roslaunch hrpsys hrp4c-rosbridge.launch
```

Example code to send walking pattern from rosservice command

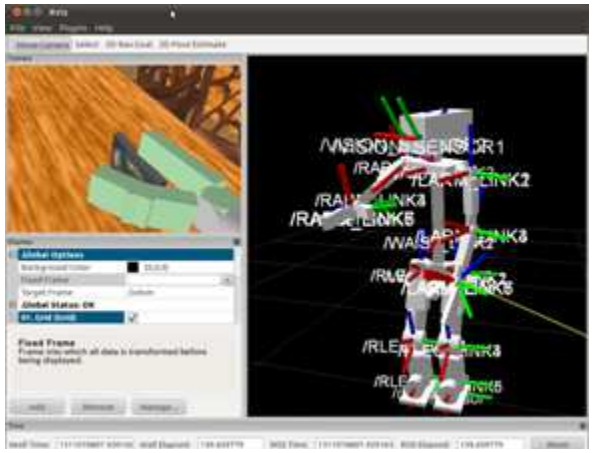
```
$ rosservice call /loadPattern "`rospack find hrpsys`/share/hrpsys/samples/HRP-4C/data/walk2m" 1
$ rosservice call /waitInterpolation
```

OpenRTM-ROS 相互運用の例

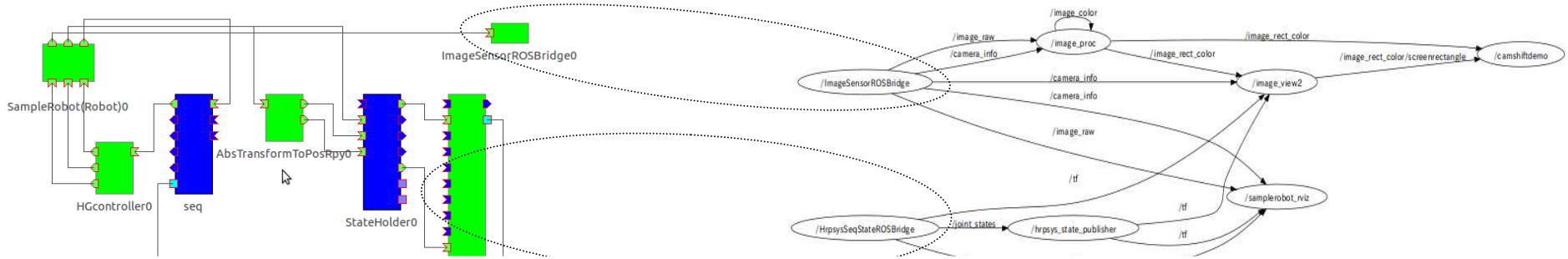
```
# Install RTMROS environment
$ rosinstall ~/prog/rtm-ros-robotics http://rtm-ros-robotics.googlecode.com/svn/tags/latest/agentsystem_ros_tutorials/rtm-ros-robotics.rosinstall
# Compile RTMROS environment
$ rosmake hrpsys_ros_bridge
# Launch RTMROS environment
$ roslaunch hrpsys_ros_brikdge samplerobot.launch
```



RTM
- Dynamics simulation
- Robot Model
- Controller
- Sequence
- Sensor Holder

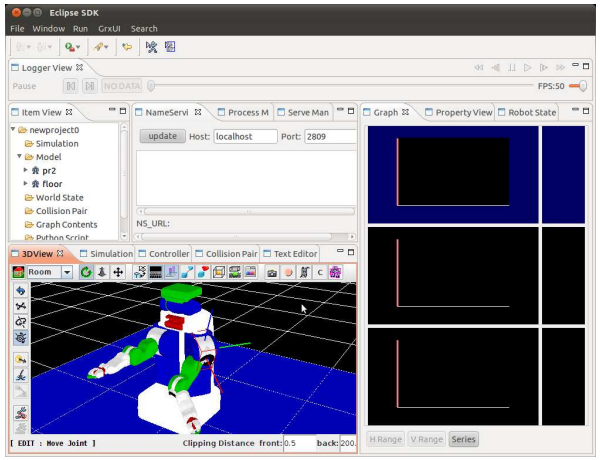


ROS
- Sensor Viewer
- Image Processin

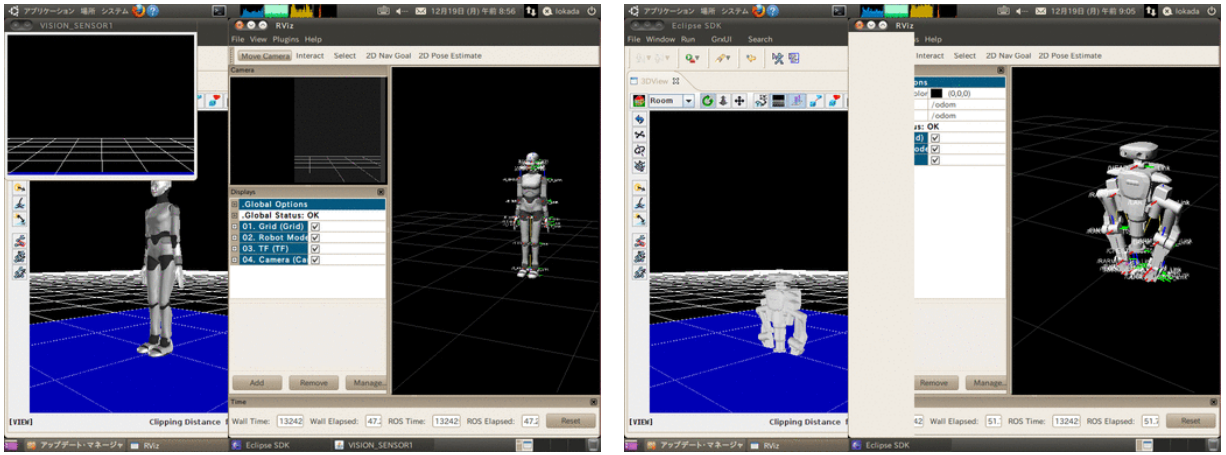


OpenRTM と ROSの間での ロボットモデルの相互運用

- OpenRTM と ROSでのCOLLADAサポートの追加
  - OpenRTM (OpenHRP3 wrl フォーマット) の Collada (openhrp3/export-collada)への変換
  - ROS (URDF フォーマット)の Collada (robot_model ライブラリでのサポート)への変換
- OpenRTM ソフトのROSパッケージ化 (OpenHRP3, hrpsys, Choreonoid, OpenVGR, OpenINVENT)

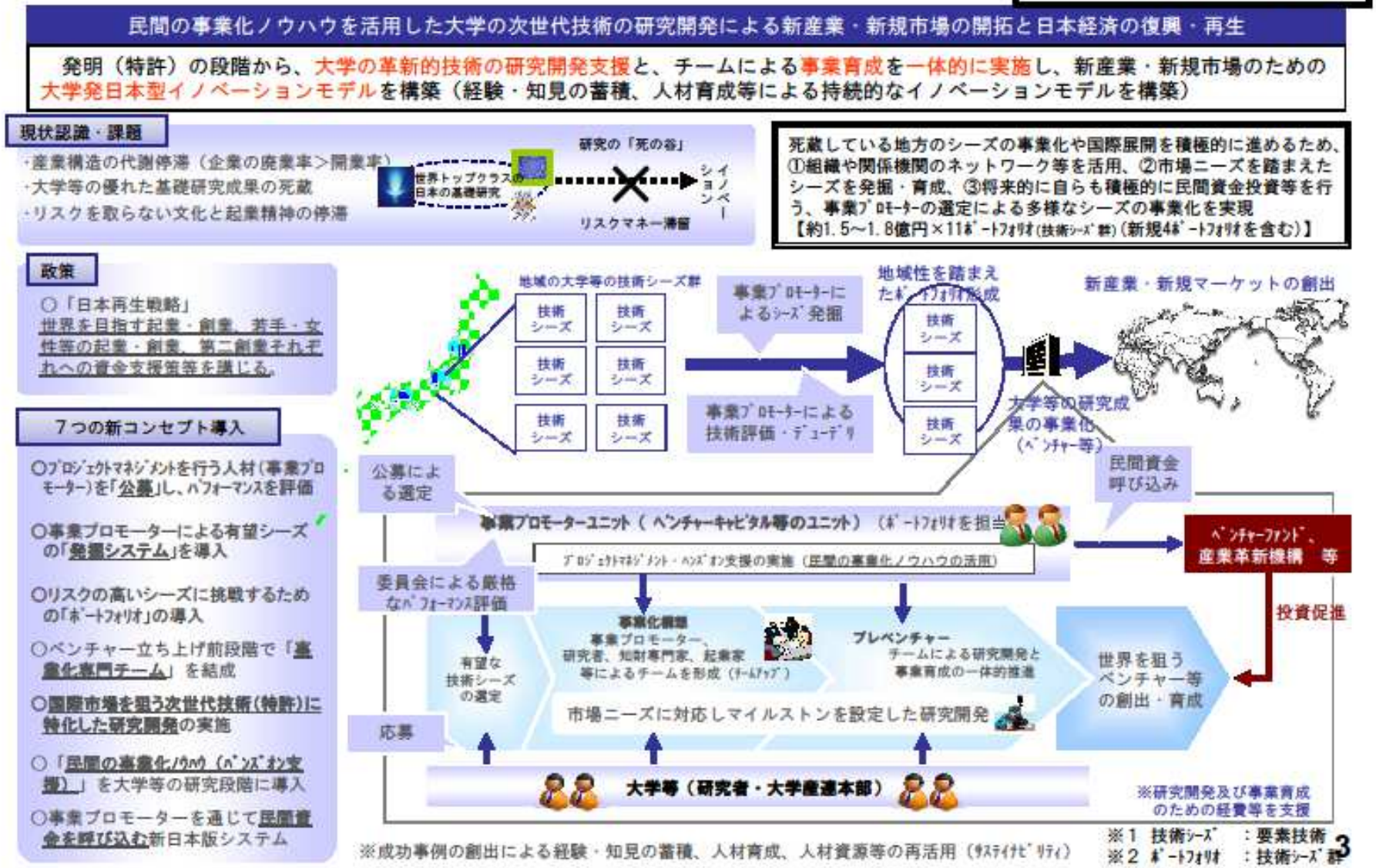


PR2 in OpenHRP3 simulator



Simulating in OpenHRP3 and display the robots in rviz

文部科学省・START
大学発新産業創出拠点プロジェクト



平成24年10月22日大学発新産業創出拠点プロジェクト（START）シンポジウム資料「平成24年度START公募の総括と今後に向けて」より抜粋

STARTにおける出口戦略

「大学等発ベンチャー」の定義

1. 大学等の教職員・研究職員・ポスドク（教職員等）、学生・院生（学生等）を発明人とする特許をもとに起業したもの（特許による技術移転）
2. 1以外の大学等で達成された研究成果又は習得した技術に基づいて起業したもの（特許以外による技術移転（または研究成果活用））
3. 大学等の教員等、学生等がベンチャーの設立者となったり、その設立に深く関与するなどして起業したもの（人材移転）
4. 大学等、TLOやこれらに関連のあるベンチャーキャピタルがベンチャーの設立に際して出資をしたもの（出資）

※大学等：国公私立大学、国公私立高等専門学校、大学共同利用機関法人、及び独立行政法人等

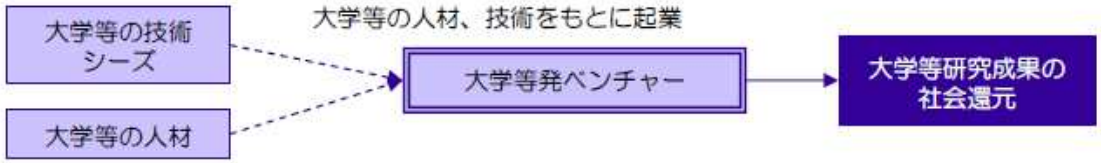
（参考）経済産業省調査における定義

コアベンチャー：大学で生まれた研究成果を元に起業したベンチャー、大学と深い関連のある学生ベンチャー

共同開発ベンチャー：設立5年以内に大学と共同研究・大学からの技術移転・大学の施設等の利用経験があるベンチャー、その他大学から出資がある等大学と深い関連のあるベンチャー

既存マーケットにおける比較優位性ではなく、本事業の目的である、大学等の研究成果に基づき、新規マーケットを開拓するような事業展開を前提としたときに、以下のケース（特にケース2及び3）を事業の出口にするかについてはプロジェクトの申請に基づき、個別に評価委員会にて検討予定

ケース1：大学等発ベンチャー設立を通じた研究成果の社会還元



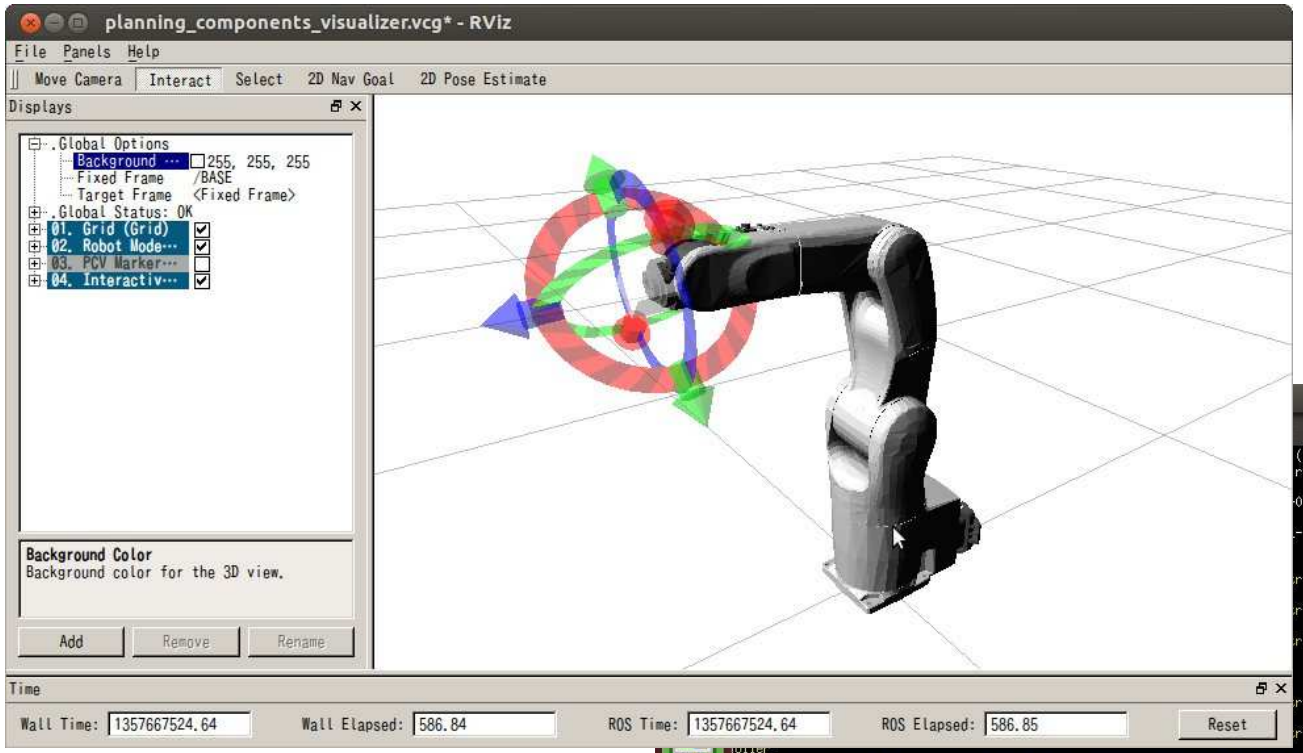
ケース2：創業初期企業への技術等提供を通じた研究成果の社会還元

ケース3：カーブアウト企業への技術等提供を通じた研究成果の社会還元

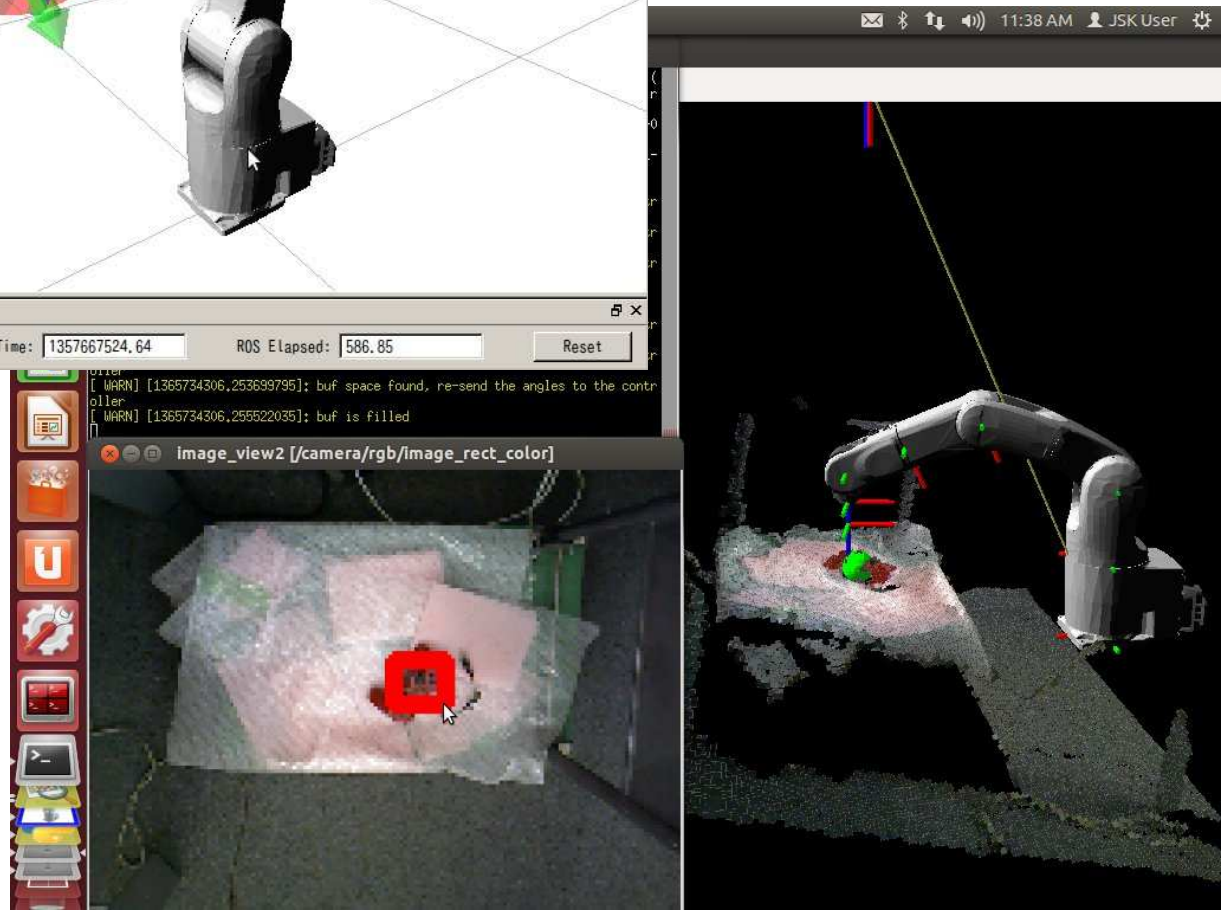
「知能ロボットソフトウェアの産業展開による オープンイノベーション拠点の創出」

- プロジェクト概要
  - 本プロジェクトは，オープンソースの知能ロボットのソフトウェア基盤技術を核とし，最先端ソフトウェア技術を活用した産業向けロボット知能化関連サービスと各種パッケージ・ソフトウエア事業の立上げを目指す．（文科省発表資料より）

- 本プロジェクトで解決したい問題
  - 知能ロボットのシステムソフトウェア基盤
  - 知能ロボットソフトを基盤としたツール・サービス



←手先の操作を直感的に行うための3Dビジュアライザ．HTMLにも対応している．



3Dセンサと連携し，画像中で選択された物体の位置までの障害物回避付きリーチング動作を生成する．→

東京オープンソースロボティクス協会

一般社団法人東京オープンソースロボティクス協会は，オープンソースソフトウェアに基づくロボティクス領域の形成と発展をサポートする組織です，ロボット分野におけるオープンソースの活用に関わる諸問題の解決の支援と，ユーザコミュニティ，アカデミア，インダストリーの関係を強化を通じて，新しいロボット社会の創造を目指します.（2013年8月8日設立）

理事：

安田恒，斉藤Isaac功，岡田慧

http://www.opensource-robotics.tokyo.jp

まとめ

- RTMROS相互運用環境
  - RTMの実績ある実時間コントローラソフトウェア
  - ROSの開発環境と豊富なアプリケーション
- 大学発イノベーション
  - 東京オープンソースロボティクス協会の設立
  - ロボットソフトウェアを中心とした産業創出支援