

次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト

頭部ステレオカメラを用いた双腕ロボットによる

マニピュレーション作業における

作業知能コンポーネント群

双腕ロボットデモ手順書

Ver.0.1.0

2011年12月21日

(独)産業技術総合研究所

# 改版履歴

Ver.	改版日	改版内容
0.10	2011/12/21	新規作成

## 目次

1. はじめに.....	4
1. 1. 目的.....	4
1. 2. 参考資料.....	4
2. システム仕様.....	5
3. 環境構築.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
4. 準備.....	6
4. 1. Choreonoid の起動.....	6
4. 2. Hiro の起動.....	8
4. 3. OpenVGR の起動.....	10
4. 4. テーブルの準備.....	11
4. 5. graspPlugin for Choreonoid ツールバー.....	13
5. 把持計画デモ.....	14
5. 1. 部品の置き先を指定する.....	14
5. 2. 視覚認識.....	14
5. 3. 把持計画.....	14
5. 4. 把持動作.....	15
5. 4. 1. 把持に失敗した場合.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
5. 5. 繰り返す.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
6. デモの再開.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
7. デモの終了.....	18
8. その他.....	19
8. 1. 特記事項.....	19

# 1. はじめに

## 1. 1. 目的

本書は、「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」の双腕ロボットによるマニピュレーション作業における、双腕ロボット HiroNX によるピック・アンド・プレースのデモの手順を記した文書である。

## 1. 2. 参考資料

本書は RT ミドルウェア、RT コンポーネント(以下、RTC)に関する基本知識を備えた利用者を対象としている。RT ミドルウェア、RTC については下記を参照のこと。

OpenRTM-aist Official Website:

<http://www.openrtm.org/openrtm/ja>

また、デモにおいて使う視覚系、把持計画系、ならびにロボット制御系の詳細については下記文書を併せて参照のこと。

- OpenVGR
  - はじめにお読みください
  - 操作手順書
  - 機能仕様書
- OpenVGR 座標変換ツール (OpenVGRextra)
  - はじめにお読みください
  - クロスマーカ検出プログラムの使い方
  - 座標変換行列計算プログラムの使い方
- graspPlugin for Choreonoid インストール手順書
- HiroNXInterface 使用説明書

## 2. システム仕様

当手順書は、コンピュータのオペレーティングシステムとして Ubuntu 10.04LTS を想定している。  
下記ソフトウェアを用いて双腕ロボットによるデモを行う。

- OpenRTM-aist 1.0.0-RELEASE
- Choreonoid 1.0.0
- graspPlugin for Choreonoid 1.0.0
- HiroNXInterface 1.0.0
- OpenVGR
- OpenVGRextra

ここでは仮に HiroNX に付属の VisionPC というホスト名の PC に OpenRTM-aist1.0.0-RELEASE, Choreonoid1.0.0, graspPlugin for Choreonoid1.0.0, HiroNXInterface 1.0.0 がインストール済みであり、openvgr-host というホスト名の PC に OpenRTM-aist1.0.0-RELEASE, OpenVGR, OpenVGRextra がインストール済みであると仮定する。また本手順書においては、予めロボット本体の電源は投入済みであると仮定する。

## 3. 準備

### 3. 1. graspPlugin for Choreonoid の起動

graspPlugin for Choreonoid は Choreonoid のプラグインとして実装されたロボットの把持計画や軌道計画などの機能を提供するソフトウェアである。graspPlugin for Choreonoid をインストールしていない場合、インストール手順書に従ってインストールする。次いで、VisionPC の端末で `~/src/choreonoid-1.0.0` ディレクトリに移り、以下のコマンドを実行すると、graspPlugin for Choreonoid が起動する。

```
% bin/choreonoid  extplugin/graspPlugin/GripperManipulation/project  
/worldexpo.cnoid
```

Scene ビューに双腕ロボット HiroNX と、テーブル、箱、部品が表示される。

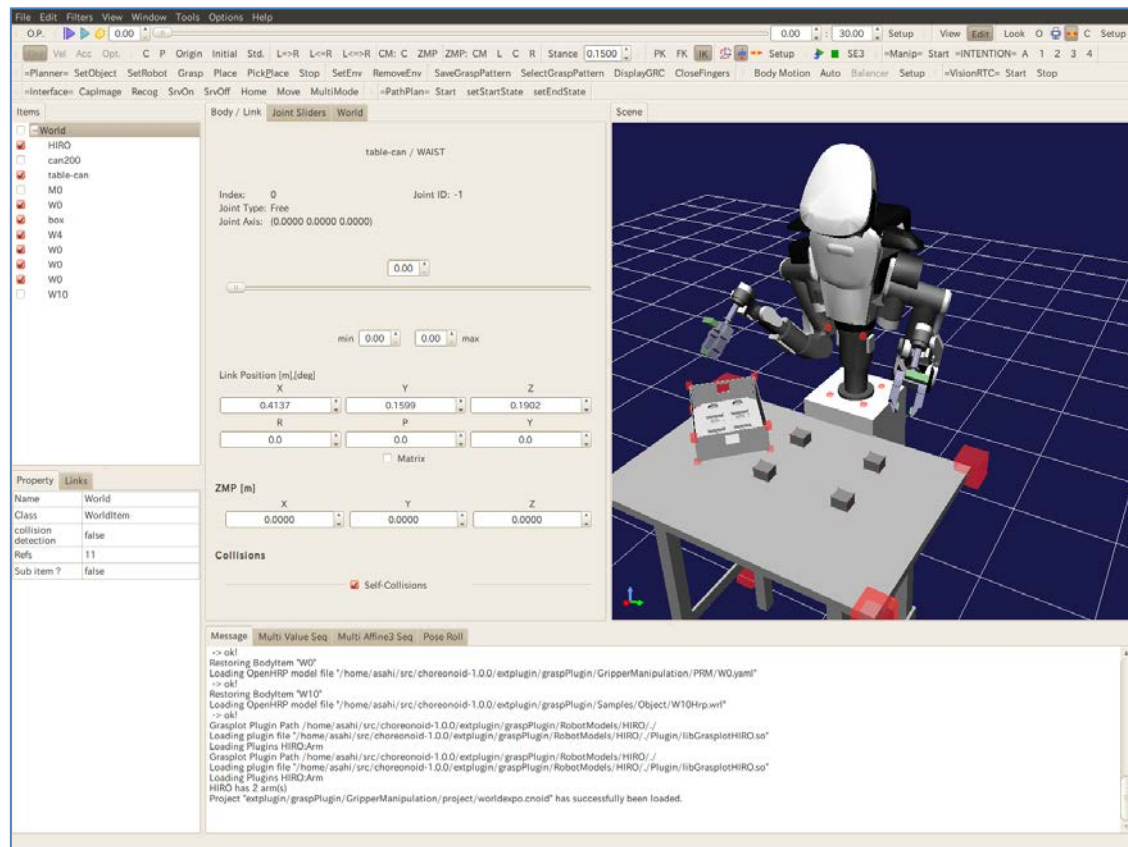


図 1 graspPlugin for Choreonoid 起動画面

ここで Eclipse の RT システムエディタを使うと、localhost 内に HIROController0|rtc と VisionRecognitionTrigger0|rtc が確認できる。

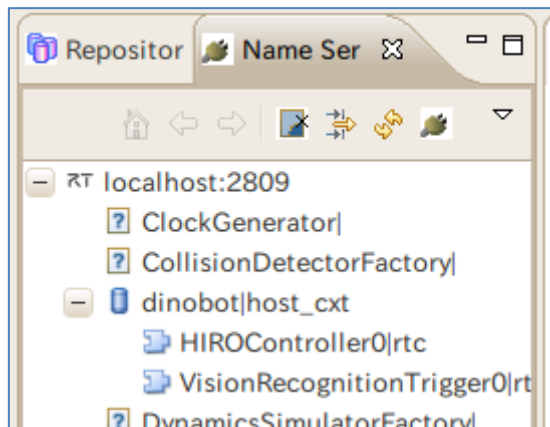


図 2 Eclipse RT システムエディタ

これをシステムダイアグラムにドラッグ & ドロップすると、RT コンポーネントが図示される。

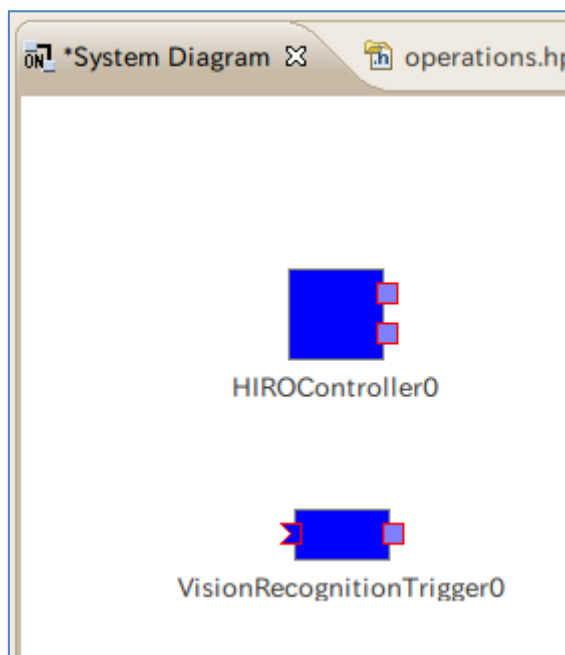


図 3 Eclipse: システムダイアグラム

### 3. 2. HiroNXInterface の起動

HiroNXInterface をインストールしていない場合、使用説明書に従って HiroNXInterface をインストールする。HiroNXInterface には二つの RT モジュール(HiroNXProvider と HiroNXGUI)が含まれるが、VisionPC において二つの端末を起動して、それぞれにおいてこれらのモジュールを起動する。次いで、RT システムエディタを使って HiroNXGUI0 と HiroNXProvider0 の上のポート同士と下のポート同士をつなぐ。また、HIROController0 と HiroNXProvider0 についても同じように上のポート同士と下のポート同士をつなぐ。ここで、システムダイアグラムは下図のようになる。

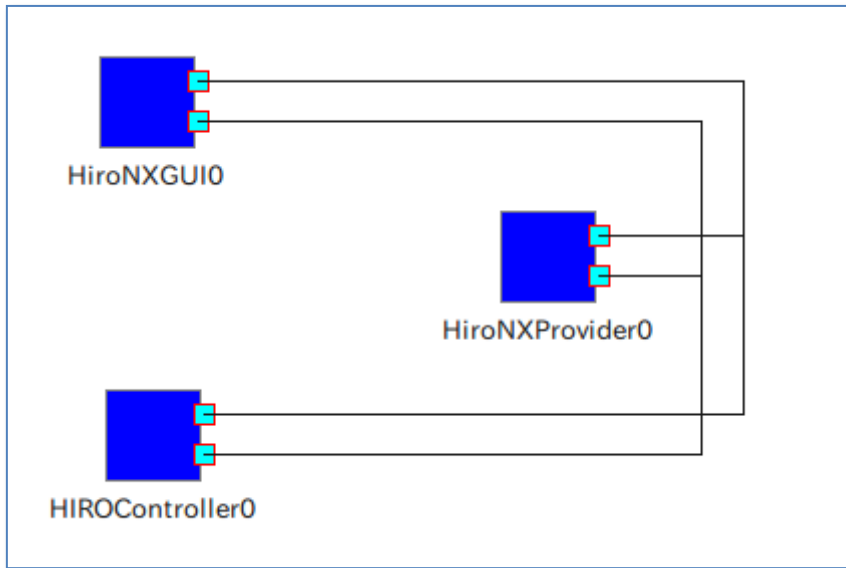


図 4 HiroNXInterface に含まれる RT コンポーネントの接続図



次に、これら RT モジュールをアクティベートして、HiroNXGUI から 双腕ロボット HiroNX をセットアップする。

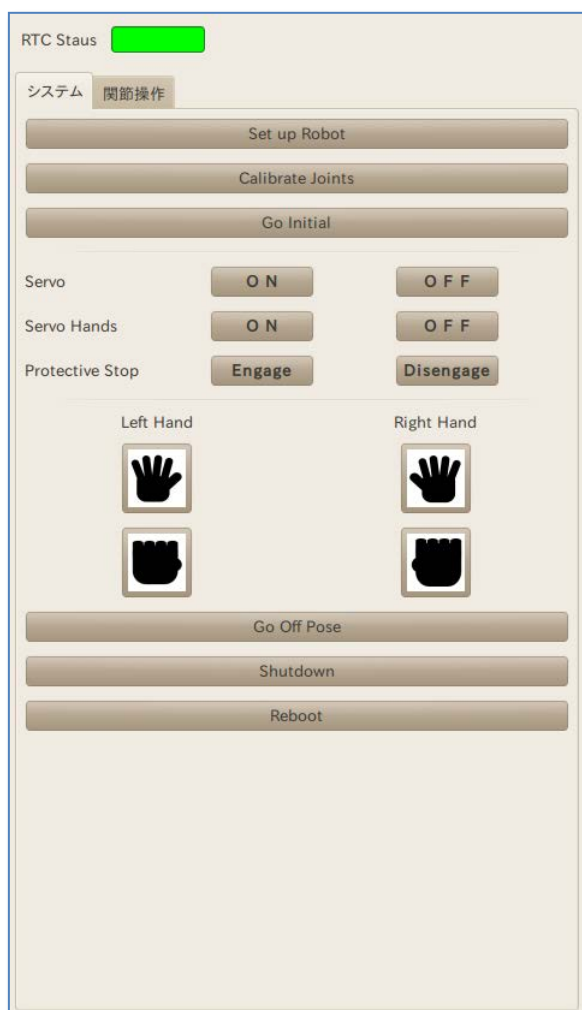


図 5 HiroNXGUI

Set up から Servo Hands の ON ボタンまで、上から順にボタンを押す。

1. [ Set up Robot ] HiroNXGUI と Hiro 本体を接続する。
2. [ Calibrate Joints ] 関節のキャリブレーションを行う。(HiroNX の動作を伴う。)
3. [ Go Initial ] 初期ポーズに移行する。
4. [ Servo Hands / ON ] 左右のハンドの開閉ができるようになります。

### 3. 3. OpenVGR の起動

OpenVGR「操作手順書」、ならびに OpenVGRextra「はじめにお読みください」に従って、openvgr-host に OpenVGR, OpenVGRextra をインストールする。次いで、openvgr-host の端末上で OpenVGR、OpenVGRextra に含まれる RT コンポーネント群を起動する。ここで、openvgr-host 上の RT コンポーネント群は全て rtc.conf を設定することによりネームサーバとして VisionPC のネームサーバを参照しなくてはならない。次に、RT システムエディタを用いて、これらの RT モジュールを下記に示すように接続し、アクティベートする。

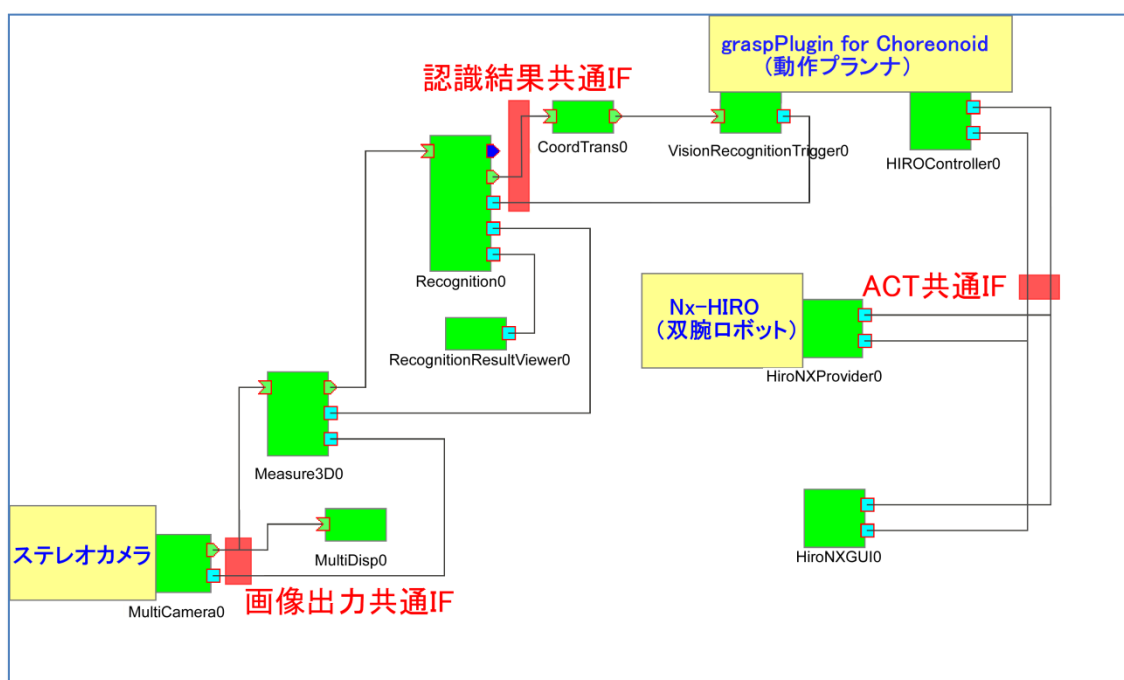


図 6 RT コンポーネント接続図

### 3. 4. テーブルの準備

高さ1メートルのテーブルを用意し、HIROの台座と接する位置に置く。次に、箱をテーブル上においてHIROの台座の正面右側の角を基準に、右170mm・前方170mmの場所に、長辺を手前に45°傾けて置く。(図7参照)

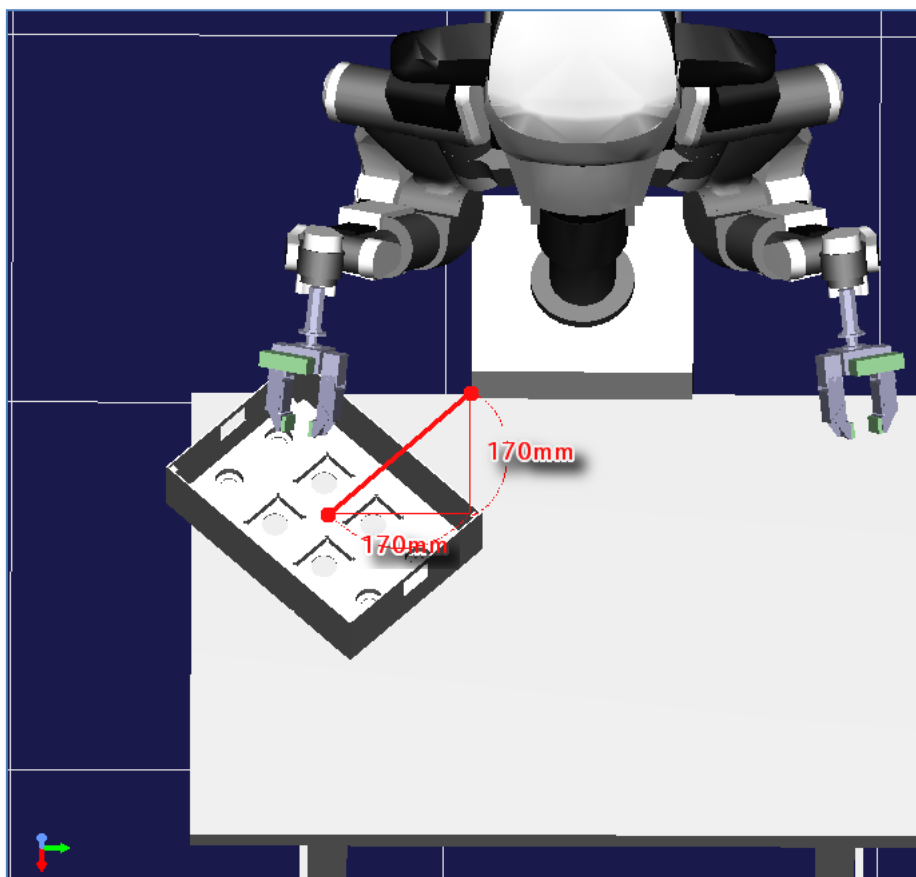


図 7 箱の位置

次に部品をテーブル上に置く。部品は、カメラの範囲内でロボットの腕の届く場所ならばどこでも置けるが、複数の部品同士をあまり密集させると、把持することは出来ない。これは、現在のところ部品の把持においては、部品を一つずつ認識しながら把持計画を行うためである。



図 8 部品配置の例

### 3. 5. graspPlugin for Choreonoid ツールバー

デモは、主に graspPlugin for Choreonoid のツールバーのボタンを押しながら進める。

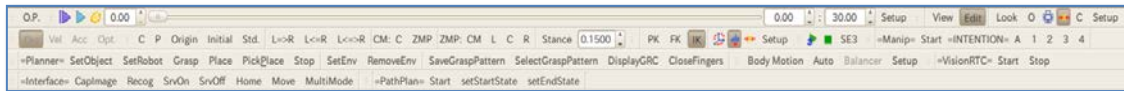


図 9 graspPlugin for Choreonoid のツールバー

図9に graspPlugin for Choreonoid のツールバーの例を示す。プラグインの数や、読み込む順番によって配置が変わる場合があるが、graspPlugin for Choreonoid はこのようなツールバーを持つ。今回主に使用するのは、特に以下のものである。

図中の位置	タイトル	起動するプラグイン	解説
中段右から二番目	=VisionRTC=	VisionTrigger	視覚系とのインターフェース
下段右から一番目	=PathPlan=	PRM	軌道計画を行う
下段右から二番目	=Interface=	RobotInterface	双腕ロボット制御系とのインターフェース
下段左端	=Planner=	Grasp, GripperManipulation	把持計画を行う

また、後述するように生成した把持動作を事前に確認するために、上段の SceneView バーのプレイボタンやスライダーを使う場合がある。

## 4. ピック・アンド・プレースデモ

### 4. 1. 部品の置き場所を指定する

graspPlugin for Choreonoid の画面右側の Scene ビューでは、HiroNX の右手側のテーブルの上に部品を並べる箱がある。箱には丸い部品を置くためのへこみと、四角い部品を置くためのへこみがそれぞれ4つずつある。このうち、四角い部品を置くへこみのどれかひとつを、手動で選択することで部品の置き場所を指定する。このために、マウスのカーソルを箱の四角くへこんだ場所に合わせ、Ctrl キーを押しながら左クリックする。図中ではマウスカーソルの位置にピンが立っている。

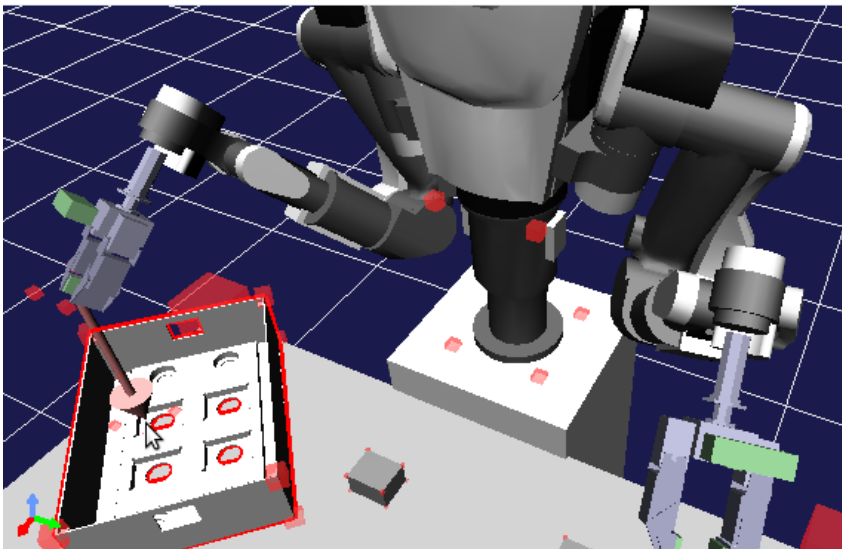


図 10 部品の置き先の指定

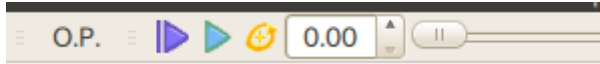
### 4. 2. 視覚認識

VisionRTC ツールバーにある Start ボタンを押すと、OpenVGR による視覚認識が行われて、Scene ビュー画面の部品の位置が、実際のテーブルの上の部品の位置に反映される。

### 4. 3. 把持計画

Planner ツールバーの Grasp ボタンを押すと、認識した部品をつかむ把持姿勢が計画される。次いで、PathPlan ツールバーの Start ボタンを押すと、ロボットが初期位置から部品を掴んで、箱に置くまでの動作軌道が計画される。

ここで画面上部のプレイボタン(下図)を押したり、スライダーを動かすことで、Scene ビュー画面内の HiroNX が部品をつかんで箱におさめる様子を、アニメーションで確認することができる。この計画された動作を確認する作業は、実際にロボットを動作させる前に必ず行うべきである。



#### 4. 4. ロボットの動作

動作に異常がないことを確認したら、HiroNX 本体に実際の把持動作を行わせる。Interface ツールバーの Move ボタン(画像右端)を押す。これにより、HiroNX が実際に動作を開始する。



## 5. その他の動作

ピック・アンド・プレースの動作以外に、部品四つを固めて置いた状態から部品をばらす動作と、箱を移動する動作を実装している。

### 5. 1. 部品をばらす動作

この動作は以下の手順に従うことで実現できる。

1. Choreonoid のウィンドウの左側にある item ビューの W10 の左側にあるチェックボックスをチェックすると、四つの部品を固めた状態のモデルが Scene ビューに表示される。
2. item ビューの W10 の文字の部分をクリックすることで、W10 の背景に色をつけた状態で、Planner バーの SetObject ボタンを押す。これにより、graspPlugin において W10 が把持対象物として認識される。
3. VisionRTC バーの Start ボタンを押すことで四つ固まった状態での部品の位置が Scene ビューに反映される。
4. Planner バーの Grasp ボタンを押し、次いで PathPlan バーの Start ボタンを押す。これにより、固まった部品をばらす動作が計画される。計画された動作はプレイボタンを押したりスライダーを動かすことで確認できる。
5. Interface バーの Move ボタンを押すことで、HiroNX が計画された動作を実行する。

### 5. 2. 箱を移動する動作

この動作は以下の手順に従うことで実現できる

1. item ビューの W4 の文字の部分をクリックすることで、W4 の背景に色をつけた状態で、Planner バーの SetObject ボタンを押す。これにより、graspPlugin において W4(箱)が把持対象物として認識される。
2. Planner バーの Grasp ボタンを押し、次いで PathPlan バーの Start ボタンを押す。これにより、箱を移動する動作が計画される。計画された動作はプレイボタンを押したりスライダーを動かすことで確認できる。
3. Interface バーの Move ボタンを押すことで、HiroNX が計画された動作を実行する。

### 5. 3. 視覚系とロボットのキャリブレーション

デモの前準備として、視覚系とロボットのキャリブレーションを行う必要がある。この場合、まず graspPlugin/GripperManipulation/ManipController.cpp において、CALIB\_MODE を定義している define 文のコメントを外し、GripperManipulation プラグインをコンパイルする。次に、



graspPlugin/GripperManipulation/project/worldexpo.cnoid をプロジェクトファイルとして Choreonoid を起動し、Planner バーの Grasp ボタンを押す。すると、Choreonoid の Scene ビューにおいてロボットがキャリブレーションを行う際と同じ動作を行う。この際、端末には関節角度とマーカ位置の系列が表示されるが、その関節角度の系列を用いて実際にロボットを動かして視覚系で計測されたマーカ位置を記録する。そして、端末に表示されたマーカ位置の系列を用いてキャリブレーション行列の計算を行う。

## 6. デモの終了

以下の順番で、使用したソフトウェア・ハードウェアを終了させていく。

1. OpenVGR を終了する
2. OpenVGRextra を終了する
3. Choreonoid を終了する
4. HiroNXGUI を使って、以下の手順で HiroNX をシャットダウンする。
  1. [ Go Off Pose ] 待機ポーズに移行
  2. [ Servo Hands / OFF ] 手のサーボをオフ
  3. [ Servo / OFF ] HiroNX 本体のサーボをオフ
  4. [ Shutdown ] HiroNX をシャットダウン (HiroNXGUI も終了する)
5. HiroNXProvider を終了する

以上で、双腕ロボットのデモは完了となる。

## 7. その他

### 7. 1. 特記事項

本書をご利用される場合には、以下の記載事項・条件にご同意いただいたものとします。

- ドキュメントに情報を掲載する際には万全を期していますが、それらの情報の正確性または利用者にとっての有用性等については一切保証いたしません。
- 利用者が本書を利用することにより生じたいかなる損害についても一切責任を負いません。
- 本書の変更、削除等は、原則として利用者への予告なしに行います。また、止むを得ない事由により公開を中断あるいは中止させていただくことがあります。
- 本書の情報の変更、削除、公開の中断、中止により、利用者に生じたいかなる損害についても一切責任を負いません。

#### 【連絡先】

(独)産業技術総合研究所 知能システム研究部門 タスクビジョン研究グループ  
〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第二

E-mail: [nedo-vms-contact@m.aist.go.jp](mailto:nedo-vms-contact@m.aist.go.jp)