

アカデミックスカラロボットを RTC で制御
(第 1.2.0 版)

埼玉大学 設計工学研究室

2015 年 11 月 28 日

【改版履歴】

日付	版番号	改版ページ	改版内容
2015.10.31	1.0	全ページ	新規作成
2015.11.6	1.1.0	p.4	「1.1 概略」の参照アドレスを変更
2015.11.28	1.2.0	p.8, p.24	ROBOT_NAME 選択を追加, AR マーカの 閾値変更に関する記述を追加, 雜多な修正

【目次】

【改版履歴】	1
1. はじめに	3
1.1 概略	3
1.2 ライセンス	3
2. 準備するもの	4
2.1 ハードウェア	4
2.2 ソフトウェア	4
3. CSV ファイルを用いたアカデミックスカラロボットの制御	5
3.1 サンプルプログラムの実行	5
3.2 オリジナルプログラムの作製・実行	10
3.2.1 CSV ファイルの記述形式	10
3.2.2 オリジナルプログラムの作製	12
3.3.3 オリジナルプログラムの実行	12
3.3.4 オリジナルプログラムの実行におけるエラー対処手順	12
4.	14
4.1 追加で準備するもの	14
4.2 カメラのレンズキャリブレーション	16
4.3 パレタイジングデモンストレーションの実行	17
5. 参考文献	34

1. はじめに

1.1 概略

本書を参照する前に、以下の文書を先に参照してください。USB メモリさえご用意いただければ、わずか数ステップでヴィストン株式会社製アカデミックスカラロボットの制御を体験することができます。

..¥OpenRTM_Tutorial¥Start_OpenRTM_Tutorial.pdf

さて、本書では USB メモリ上ではなく、OS 上でヴィストン株式会社製アカデミックスカラロボットに関連する RTC を実行する手順を解説します。なお、アカデミックスカラロボットの制御において、制御のためのプログラムコードとなる CSV ファイルの記述方法について、オリジナルプログラムの作成・実行手順として、3.2 節で解説しています。こちらは、OpenRTM Tutorial での実行時もぜひご参照ください。

2 章では、アカデミックスカラロボットを含めた、必要なハードウェア、ソフトウェアについて解説します。

3 章では、基礎編として、CSV ファイルを用いたアカデミックスカラロボットの制御手順について解説します。これは、OpenRTM Tutorial に搭載されているデモ内容と同一です。

4 章では、応用編として、アカデミックスカラロボットで AR マーカを用いたパレタイジングデモを実施する手順について解説します。こちらは、OpenRTM Tutorial には含まれていない部分です。

1.2 ライセンス

本書は、MIT ライセンスのもとに提供されます。

2. 準備するもの

2.1 ハードウェア

A) 「アカデミックスカラロボット」

ヴィストン株式会社より販売されている、ロボットの制御技術を学習するためのロボットプログラミング教材[1]です。以下のページより、製品情報を参照することができます。

(https://www.vstone.co.jp/products/scara_robot/)



図 1 アカデミックスカラロボット[1]

B) 「PC (Windows 7 / 8)」

アカデミックスカラロボットの制御は PC 経由で行います。アカデミックスカラロボットと PC の接続には USB ケーブルを用いますので、PC に USB ポートが必要です。

なお、動作確認されているのは、Windows 7 / 8 がインストールされた PC です。

2.2 ソフトウェア

A) 「Naming Service」

RTC の名前および参照を管理するツール。

B) 「RT System Editor」

RTC 同士の接続、RTC の Activate, Deactivate 等を行うツール。

以上のソフトウェアは、「OpenRTM-aist-1.1.0-RELEASE」の「Windows インストーラ」を利用することで、インストールすることができます。以下の URL より参照できます。

(<http://www.openrtm.org/openrtm/ja/node/5012>)

3. CSV ファイルを用いたアカデミックスカラロボットの制御

3.1 サンプルプログラムの実行

- 1) 取扱説明書の p.5 に従って、スカラロボットを組み立てます。ゴム足は必ず取り付けてください。取扱説明書は以下に示す URL からダウンロードできます。
[\(https://www.vstone.co.jp/products/scara_robot/download/SCARA_Robot_Manual.pdf\)](https://www.vstone.co.jp/products/scara_robot/download/SCARA_Robot_Manual.pdf)
- 2) 電源ケーブルをロボットの AC アダプタ端子、およびコンセントへ接続します。
- 3) USB ケーブルをロボットの USB 端子、および PC の USB 端子へ接続します。USB HID のため、デバイスドライバーのインストールは不要です[1]。
- 4) 「スタートボタン」→「すべてのプログラム」→「OpenRTM-aist 1.1」→「C++」→「tools」→「Start Naming Service」の順に選択し、「Naming Service」を起動します。なお、同様の手順において、「C++」を選択した後で、「tools」を右クリックし、「開く」を選択することで、「tools」のフォルダを開くことができます。

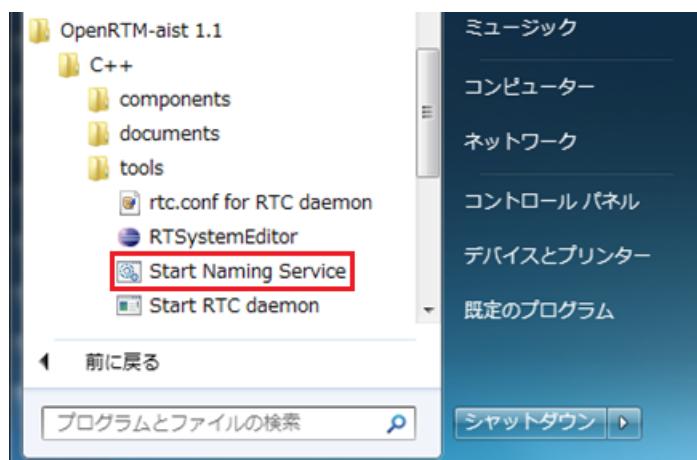


図 2 「Naming Service」の起動

- 5) “..¥RTC¥bin¥VS_ASR_RTC”にある、「vs_asr_rtccomp.exe」を実行します。
- 6) “..¥RTC¥bin¥ScaraRobotControlRTC”にある、「scararobotcontrolrtccomp.exe」を実行します。
- 7) 「RTSystemEditor」を起動します。「スタートボタン」→「すべてのプログラム」→「OpenRTM-aist 1.1」→「C++」→「tools」→「RTSystemEditor」の順に選択します。

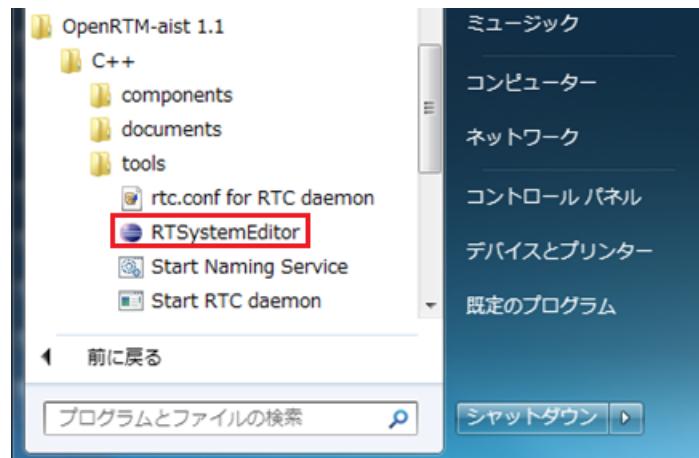


図 3 「RTSystemEditor」の起動

- 8) ツールバーの「Open New System Editor」のアイコンをクリックします。

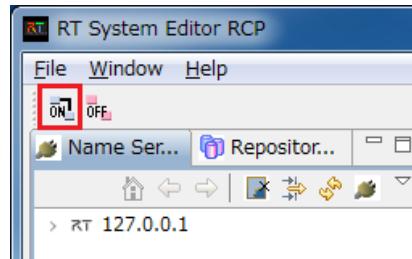


図 4 System Editor を開く

- 9) 「ON System Diagram」が中央に表示されますので、左手にある「Naming Service View」のツリーに表示されている、「VS_ASR_RTC0|RTC」および「ScaraRobotControlRTC0|RTC」を「ON System Diagram」上にドラッグ & ドロップします。ツリーが展開されていない場合は、「Naming Service View」をマウスオーバーした際に表示される三角形のアイコンを選択することで展開することができます。

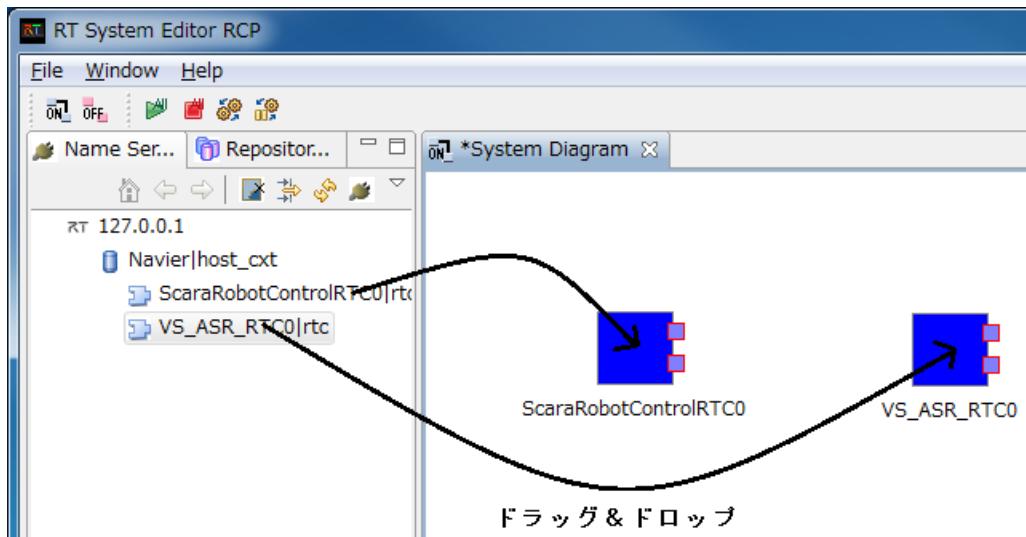


図 5 System Diagram への RTC の追加

10) サービスポートを接続します。下図に示すように、一方の RTC の”□”上でドラッグし、もう一方の RTC の”□”上でドロップします。「Port Profile」のウィンドウが表示されますので、変更せずに「OK」を選択します。

なお、サービスポートの接続を間違えた場合は、「Port Profile」のウィンドウにおいて、”一致するポートインターフェース”がありません。”と警告されます。

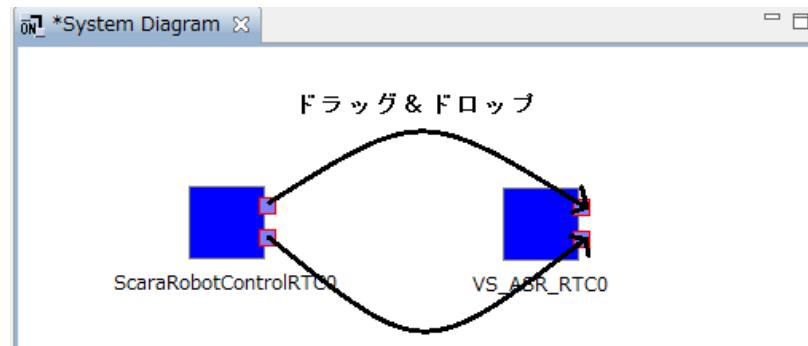


図 6 サービスポートの接続

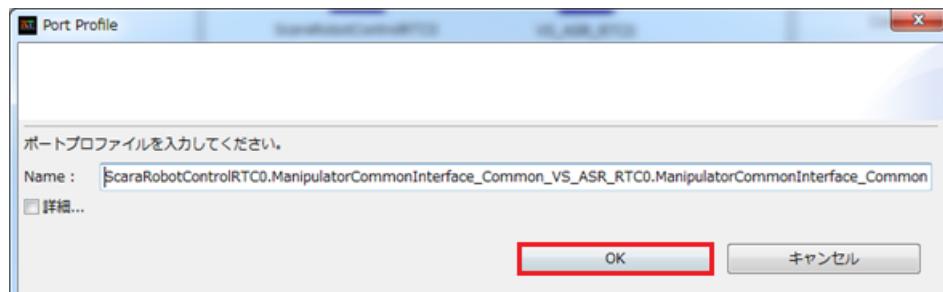


図 7 「Port Profile」 ウィンドウ

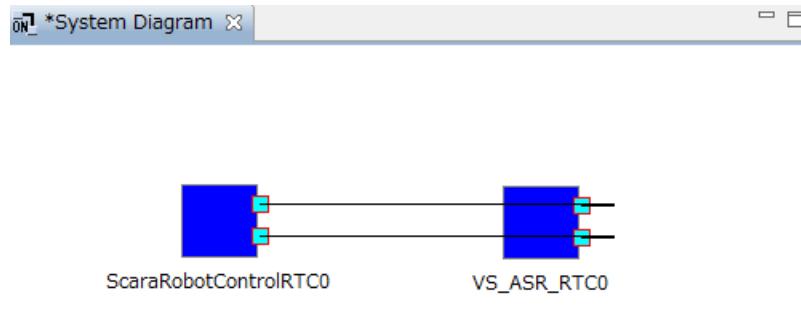


図 8 サービスポート接続後

- 11) 「ScaraRobotControlRTC」を選択し, 直下にある「Configuration View」にある, 「ROBOT_NAME」を選択します.
- 12) “ROBOT_NAME” を “SCARA” へ書き換え, 「適用」を選択します.
- 13) ツールバーの「All Activate」のアイコンをクリックします.

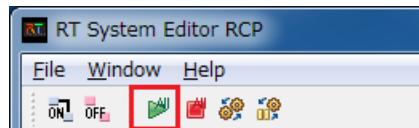


図 9 All Activate

- 14) VS_ASR_RTC および ScaraRobotControlRTC が正常に Activate されると, System Diagram および各 RTC は, 図 10 から図 12 に示す状態となります.

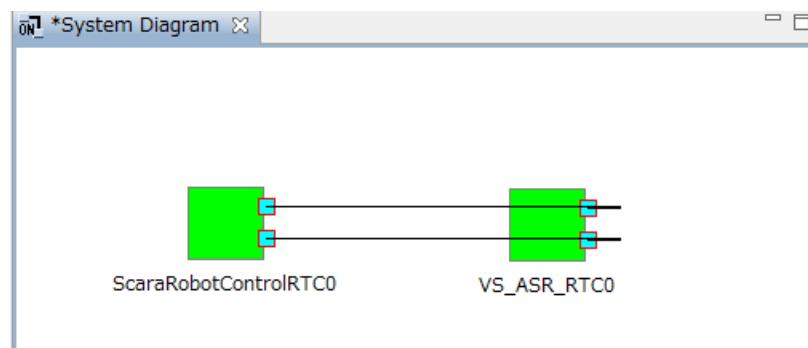


図 10 All Activate 後の System Diagram

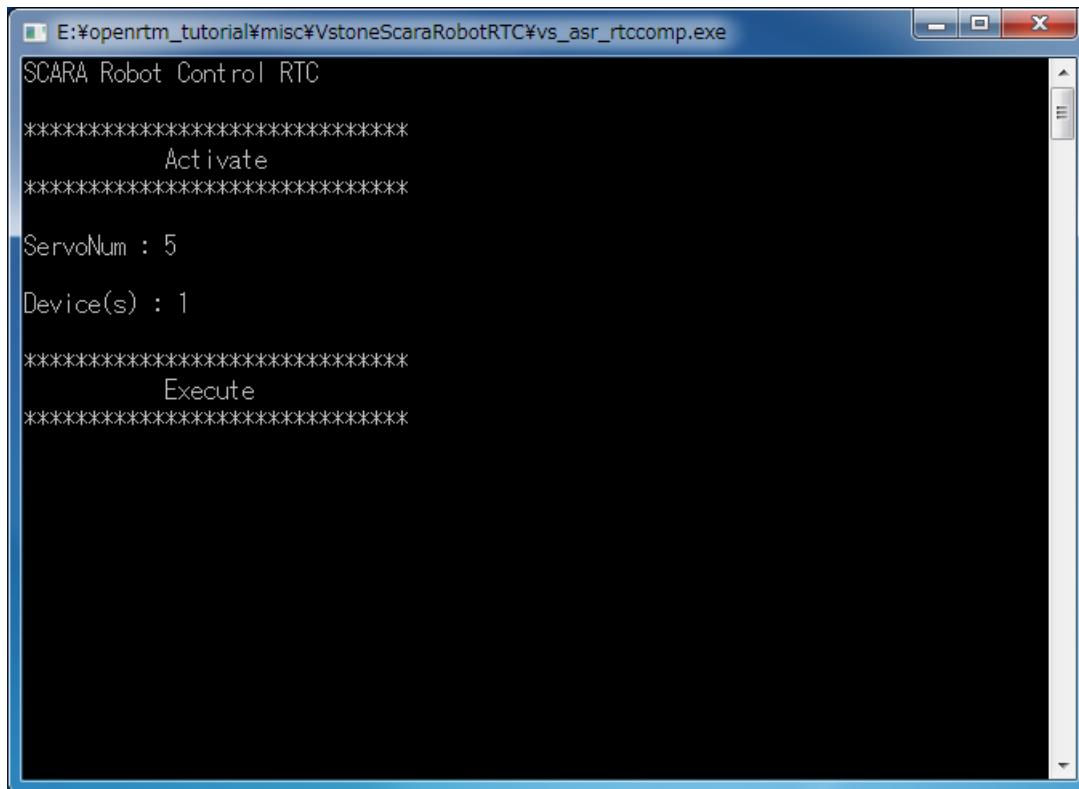


図 11 Activate 後の VS_ASR_RTC

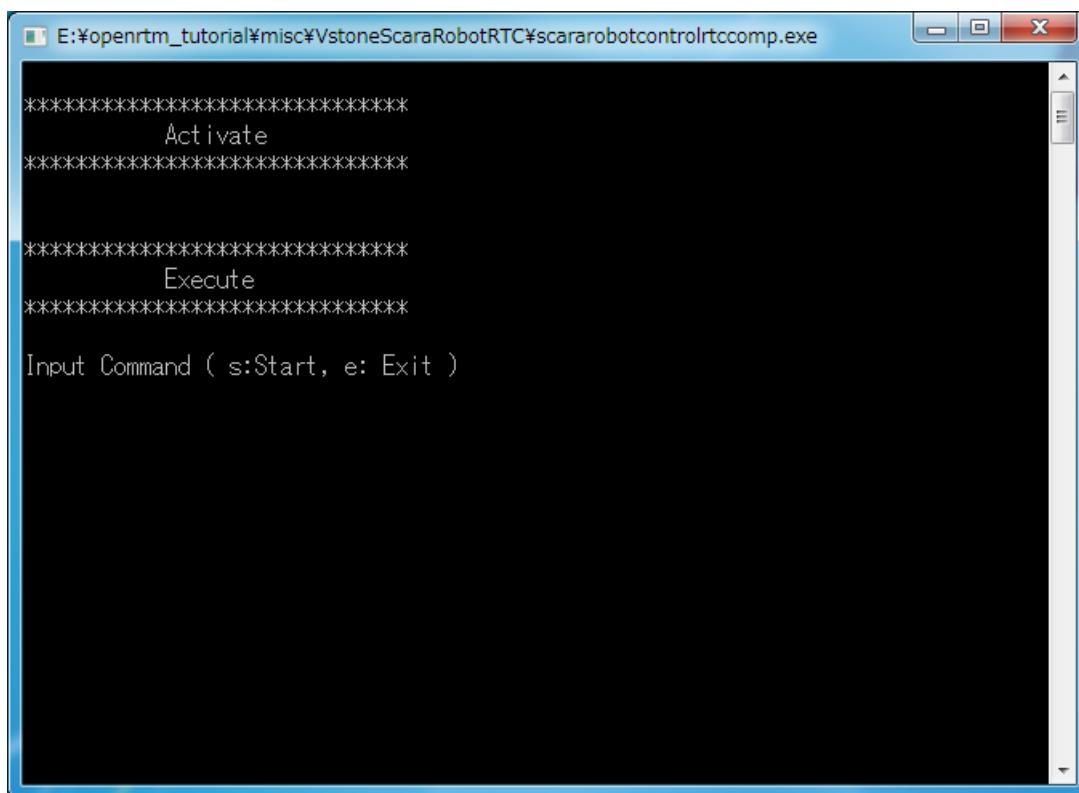


図 12 Activate 後の ScaraRobotControlRTC

- 15) ScaraRobotControlRTC のウィンドウを選択し、キーボードで「s」を入力してください。サンプルプログラムが実行されます。

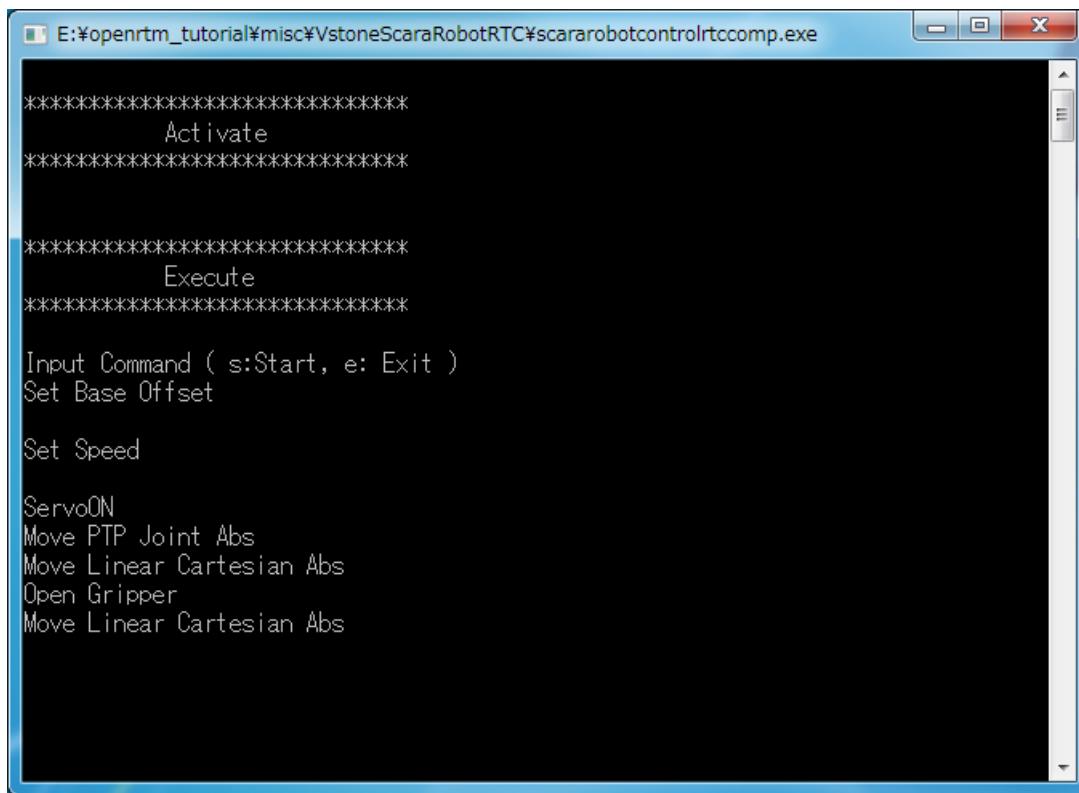


図 13 サンプルプログラム実行中の ScaraRobotControlRTC

3.2 オリジナルプログラムの作製・実行

ScaraRobotControlRTC におけるプログラムは、CSV ファイルを読み込んで実行しています。よって、 CSV ファイル（”..¥RTC¥bin¥ScaraRobotControlRTC¥Sample.csv”）を編集することで、独自のプログラムコードを書くことができます。

3.2.1 CSV ファイルの記述形式

まず、CSV ファイルの記述形式について説明します。コマンドは表 1 に示す 8 つが実装されており、「コマンド、書式」のように記述します。

例えば、ハンドを閉じるときは以下のように記述します。

HAND_CLOSE

ロボット座標系の絶対値の目標位置 (0.14, 0.07, 0.05, 0) に対し、直交空間における直線補間で動作させるときは以下のように記述します。

CMVS, 0.14, 0.07, 0.05, 0

また、以下に示すように、1 行に 1 つのコマンドを記述します。

```
SERVO_ON
JMOV,0,0,0.05,0
CMVS,0.14,0.07,0.05,0
```

CSV ファイルの編集はテキストエディタや Excel 等で編集することができます。なお、Excel で編集する場合は、図 14 に示すように、カンマ区切り毎に 1 セルに入力します。

	A	B	C	D	E
1	SERVO_ON				
2	JMOV	0	0	0.05	0
3	CMVS	0.14	0.07	0.05	0
4	HAND_OPEN				
5	CMVS	0.14	0.07	0.005	0
6	HAND_MOV	4			
7	CMVS	0.09	-0.07	0.05	
8	CMVS	0.09	-0.07	0.005	0
9	HAND_OPEN				
10	CMVS	0.14	-0.07	0.05	0

図 14 Excel における CSV ファイルの編集

表 1 ScaraRobotControlRTC に実装されているコマンド一覧

コマンド	書式	説明
SERVO_OFF		全軸サーボを OFF にする。
SERVO_ON		全軸サーボを ON にする。
HAND_CLOSE		ハンドを完全に閉じる。
HAND_OPEN		ハンドを完全に開く。
HAND_MOV	Rate 単位 : [%]	ハンドを指定した開閉角度とする。
CMVS	X, Y, Z, Rz 単位 : X, Y, Z [m], Rz [rad]	ロボット座標系の絶対値で指定された目標位置に対し、直交空間における直線補間で動作させる。
CMOV	X, Y, Z, Rz 単位 : X, Y, Z [m], Rz [rad]	ロボット座標系の絶対値で指定された目標位置に対し、関節空間における直線補間で動作させる。
JMOV	J1, J2, J3, J4 単位 : J1, J2, J4 [rad], J3 [m]	関節座標系の絶対値で指定された目標位置に対し、関節空間における直線補間で動作させる。

3.2.2 オリジナルプログラムの作製

- 1) ”..¥RTC¥bin¥ScaraRobotControlRTC”にある、「Sample.csv」をテキストエディタや Excel 等で開きます。なお、Windows 標準のテキストエディタは、「スタートボタン」→「すべてのプログラム」→「アクセサリ」→「メモ帳」の順に選択することで起動できます。
 - 2) 「ファイル」→「名前を付けて保存」を選択し、任意の名前を付けて保存します。
 - 3) オリジナルのプログラムを記述します。
 - 4) 「ファイル」→「上書き保存」を選択し、保存します。

3.3.3 オリジナルプログラムの実行

- 1) 3.1 節の手順 10 まで同様に進めます.
 - 2) 「ON System Diagram」上に表示されている「ScaraRobotControlRTC」を選択します.
 - 3) 「ON System Diagram」直下にある「Configuration View」において、「FilePass」の「Sample.csv」を選択します.
 - 4) 編集できるようになりますので、3.3.2 項で作製したプログラムの名前に変更し、「適用」をクリックします.

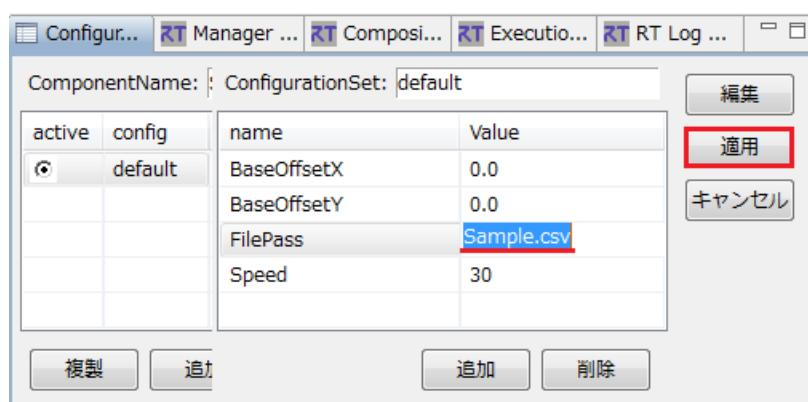


図 15 「FilePass」の変更

- 5) 「ON System Diagram」を選択の後、ツールバーの「All Activate」のアイコンをクリックします。
 - 6) オリジナルプログラムを実行します。ScaraRobotControlRTC のウィンドウを選択し、キーボードで「s」を入力してください。

3.3.4 オリジナルプログラムの実行におけるエラー対処手順

ロボットには可動範囲の限界値が定められています。よって、オリジナルプログラムにより、可動範囲外の値が入力された場合はエラーが返されます。本項では、このエラーに対する対処手順を述べます。

- 1) エラーが発生すると、「ON System Diagram」上に表示されている「ScaraRobotControlRTC」が赤色に変化します

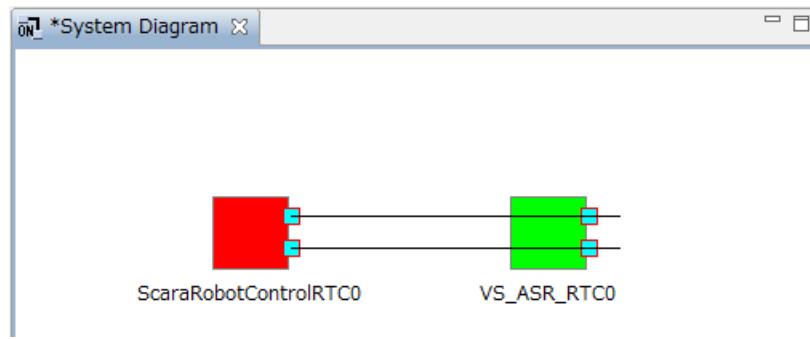


図 16 ScaraRobotControlRTC がエラー状態の System Diagram

- 2) 「ScaraRobotControlRTC」を右クリックし、「Reset」を選択します。

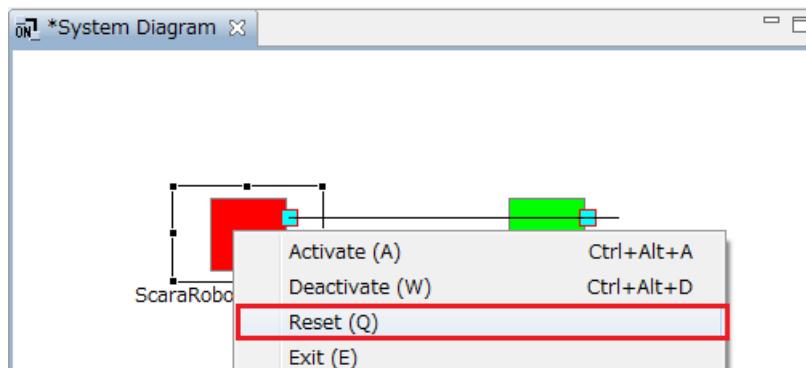


図 17 ScaraRobotControlRTC の Reset

- 3) 正常にリセットされると、「ScaraRobotControlRTC」が青色に変化します。
- 4) 「ScaraRobotControlRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 5) 正常に Activate されると、「ScaraRobotControlRTC」が緑色に変化します。

4. アカデミックスカラロボットで AR マーカを用いたパレタイジングデモ

本章では、AR tool kit ライブラリを使用し、アカデミックスカラロボットでマーカを貼り付けたキューブをパレタイジングするデモを実施する手順について述べます。

4.1 追加で準備するもの

A) Web カメラ

USB で PC に接続できるタイプのカメラが必要です。Web カメラの販売元から明るさやコントラストが調整できるソフトウェアが同梱されているとなお良いです。



図 18 Web カメラの例 (Logitech C600) [2]

B) パレタイジング用キューブ

アカデミックスカラロボットに同梱されているスポンジキューブを用いて、パレタイジング用キューブを作製します。

- 1) “..¥RTC¥bin¥DetectArMarkerRTC¥Data”にある、「palletizing_pattern.pdf」を A4 用紙に印刷します。印刷の際にオプションで拡大・縮小されないように注意してください (Adobe Reader の場合、「サイズオプション」の「実際のサイズ」を選択)。
- 2) 黒い線に沿って、R, T, M のマーカをそれぞれ 2 ずつ切り離します。
- 3) 両面テープでスポンジキューブの対峙する面に貼り付けます。

(両面貼り付けた図に入れ替え)

図 19 AR マーカを貼り付けたスポンジキューブ

C) キャリブレーション用座標平面

ロボット座標系とカメラ座標系間の関係を導くキャリブレーションに用います。

- 1) “..¥RTC¥bin¥DetectArMarkerRTC¥Data”にある、「ロボットキャリブレーション方眼紙.pdf」を A4 用紙に印刷します。印刷の際にオプションで拡大・縮小されないように注意してください（Adobe Reader の場合、「サイズオプション」の「実際のサイズ」を選択）。
- 2) 枠線に沿って、はさみ等で切ります。
- 3) 下図に従って、テープ等で貼り付けてください。

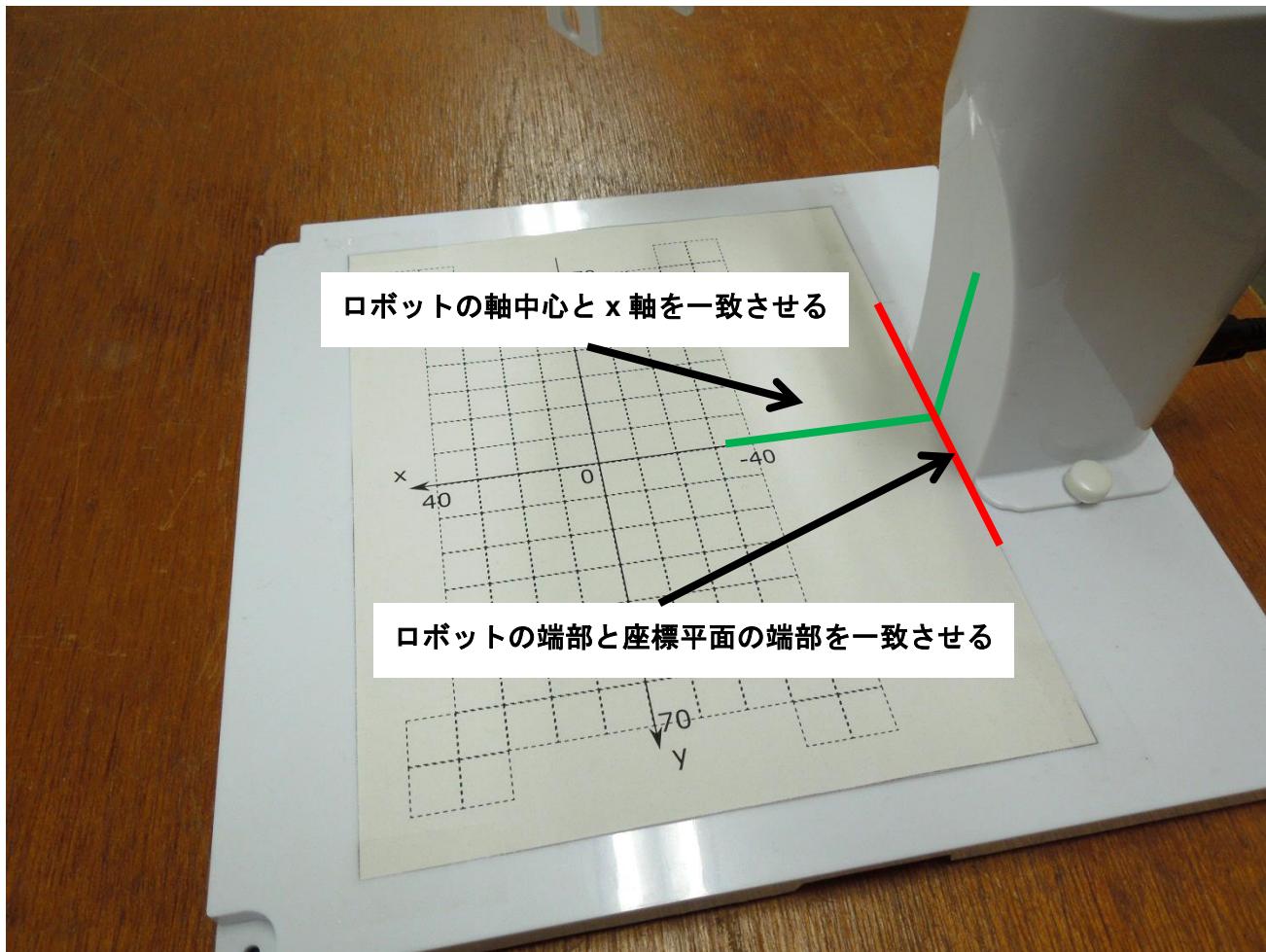


図 20 キャリブレーション用座標平面の貼り付け

4.2 カメラのレンズキャリブレーション

カメラのレンズキャリブレーションを行い、カメラパラメータファイルを生成します。カメラ固有のレンズの歪みを矯正するために必要です。

- 1) ArToolKit をダウンロードおよび解凍します。以下の URL よりダウンロードできます。

(<http://sourceforge.net/projects/artoolkit/files/artoolkit/2.72.1/ARToolKit-2.72.1-bin-win32.zip/download>)

- 2) “¥ARToolKit¥patterns”にある、「calib_dist.pdf」を A4 用紙に、「calib_cpara.pdf」を A3 用紙に印刷します。印刷の際にオプションで拡大・縮小されないように注意してください（Adobe Reader の場合、「サイズオプション」の「実際のサイズ」を選択）。
- 3) レンズキャリブレーションの手順は、以下の URL より参照できます。「Two Step Calibration」を選択してください。

(<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/usercalibration.htm>)

レンズキャリブレーションを実施する際のいくつかの注意点を以下に記載します。

- ・ 印刷したキャリブレーションパターンは平らな板に張り付けて使用してください。
- ・ “Image size”は大きめの方が操作しやすいです。選択した”Image size”は「DetectArMarkerRTC」実行の際、同値を用います。
- ・ “calib_dist.exe”によるキャリブレーションにおいて、ドラッグして点を囲む際、上記リンク先の「Figure 2」にあるように、点のみが白、周りがすべて黒と鮮明に表示されることを確認してください。前述のようにならず、周りにも白が混ざる場合は、正しい値を取得できていません。照明条件や角度等を工夫して 24 点すべてで正しく取得できるようにしてください。
- ・ “calib_dist.exe”によるキャリブレーション終了時に表示されるパラメータ (Center X, Center Y, Dist Factor) は外部出力されませんので、書き留めてください。

4.3 パレタイジングデモンストレーションの実行

- 1) 取扱説明書の p.5 に従って、スカラロボットを組み立てます。ゴム足は必ず取り付けてください。取扱説明書は以下に示す URL からダウンロードできます。

(https://www.vstone.co.jp/products/scara_robot/download/SCARA_Robot_Manual.pdf)

- 2) スカラロボットに付属する電源ケーブルをロボットの AC アダプタ端子、およびコンセントへ接続します。
- 3) スカラロボットに付属する USB ケーブルをロボットの USB 端子、および PC の USB 端子へ接続します。USB HID のため、デバイスドライバーのインストールは不要です[1]。
- 4) Web カメラの USB ケーブルを PC の USB 端子へ接続します。Web カメラのドライバインストールは予めされていると仮定します。
- 5) 「スタートボタン」→「すべてのプログラム」→「OpenRTM-aist 1.1」→「C++」→「tools」→「Start Naming Service」の順に選択し、「Naming Service」を起動します。なお、同様の手順において、「C++」を選択した後で、「tools」を右クリックし、「開く」を選択することで、「tools」のフォルダを開くことができます。

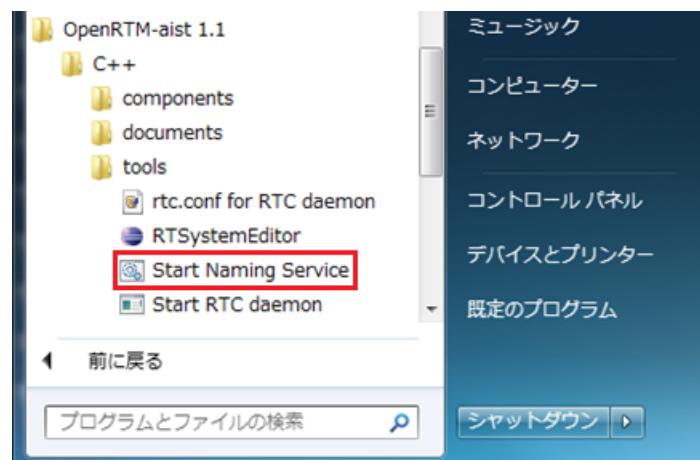


図 21 「Naming Service」の起動

- 6) “VS_ASR_RTC\bin”にある、「vs_asr_rtccomp.exe」を実行します。
- 7) “..\RTC\bin\VS_ASR_RTC”にある、「scararobotarrtccomp.exe」を実行します。
- 8) “..\RTC\bin\DetectArMarkerRTC”にある、「detectarmarkerrtccomp.exe」を実行します。
- 9) 4.2 節で生成したカメラパラメータファイル”wideAngleKeyence.dat”の名前を、”camera_para.dat”に変更します。ファイルを右クリックし、「名前の変更」を選択することで変更できます。
- 10) 手順 9) のカメラパラメータファイルを“..\RTC\bin\DetectArMarkerRTC\Data”にコピーします。
- 11) 「RTSystemEditor」を起動します。「スタートボタン」→「すべてのプログラム」→「OpenRTM-aist 1.1」→「C++」→「tools」→「RTSystemEditor」の順に選択します。

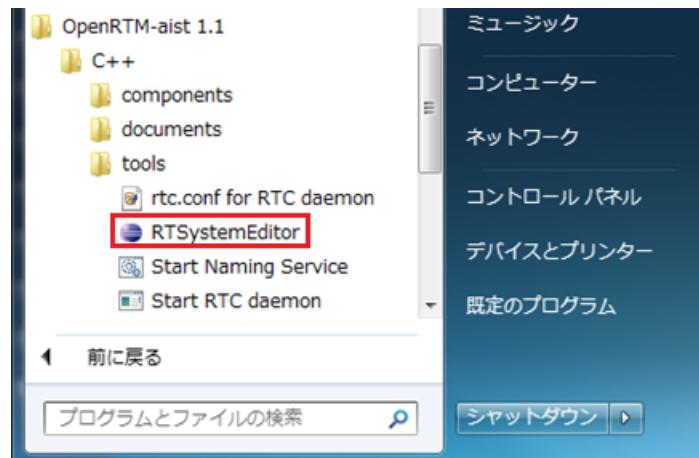


図 22 「RTSystemEditor」の起動

- 12) ツールバーの「Open New System Editor」のアイコンをクリックします。

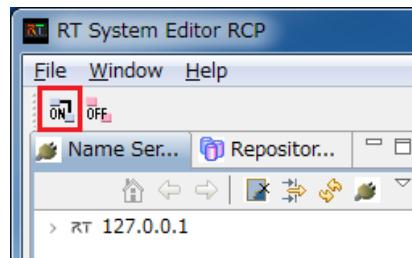


図 23 System Editor を開く

- 13) 「ON System Diagram」が中央に表示されますので、左手にある「Naming Service View」のツリーに表示されている、「VS_ASR_RTC0|RTC」、「ScaraRobotArControlRTC0|RTC」および「DetectArMarkerRTC0|RTC」を「ON System Diagram」上にドラッグ&ドロップします。ツリーが展開されていない場合は、「Naming Service View」をマウスオーバーした際に表示される三角形のアイコンを選択することで展開することができます。

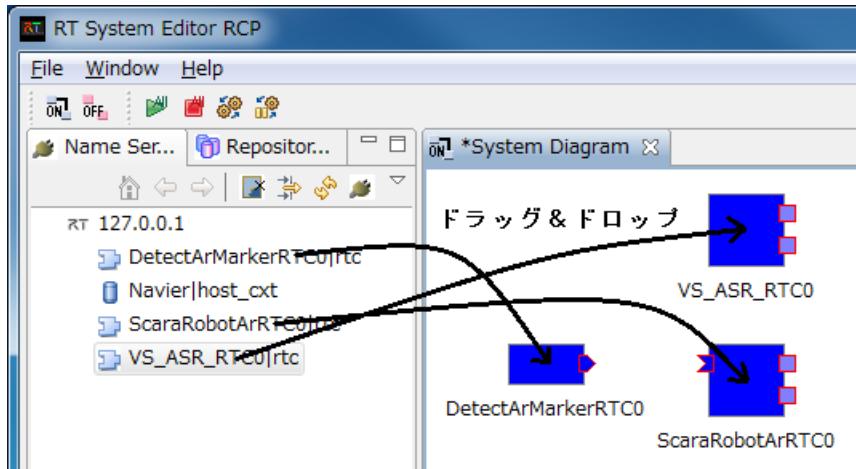


図 24 System Diagram への RTC の追加

- 16) サービスポートを接続します。下図に示すように、一方の RTC の”□”上でドラッグし、もう一方の RTC の”□”上でドロップします。「Port Profile」のウィンドウが表示されますので、変更せずに「OK」を選択します。接続されたサービスポートは”水色”に変化します。
なお、サービスポートの接続を間違えた場合は、「Port Profile」のウィンドウにおいて、”一致するポートインターフェース”がありません。”と警告されます。

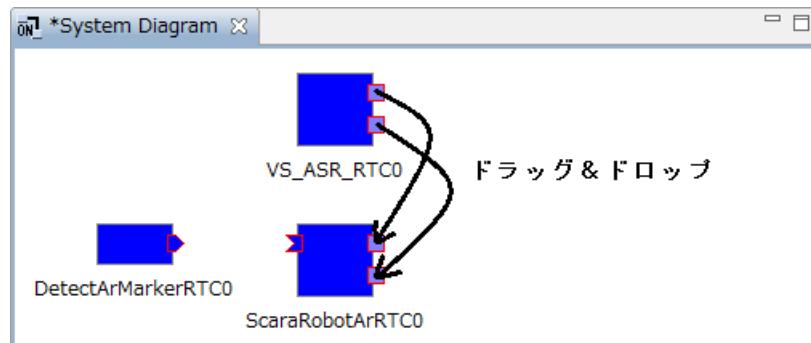


図 25 サービスポートの接続

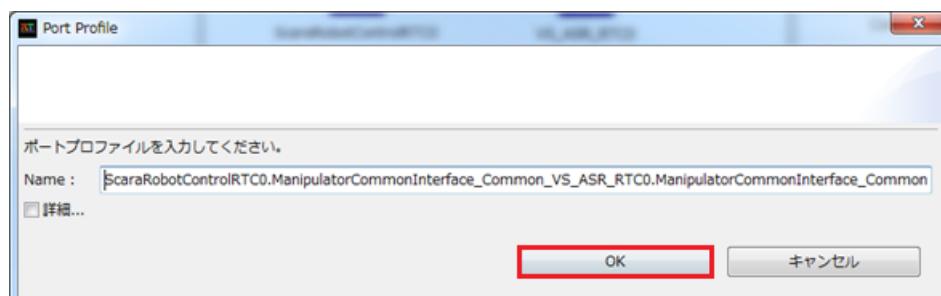


図 26 「Port Profile」 ウィンドウ

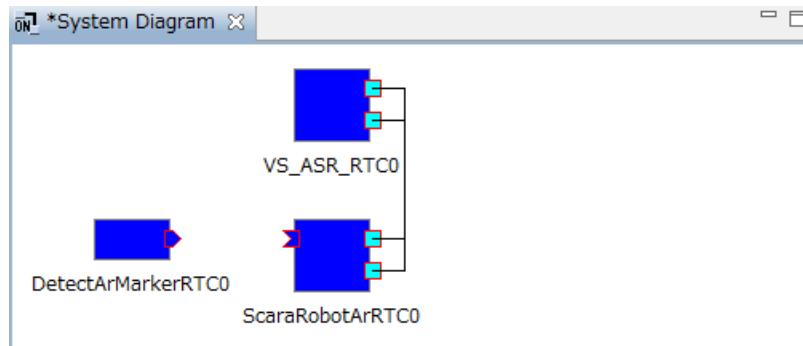


図 27 サービスポート接続後

- 17) 下図に示すように、一方の RTC の”□”上でドラッグし、もう一方の RTC の”□”上でドロップすることでデータポートを接続します。 (“□”は、一方が四角形に三角形を足した形、もう一方が四角形から三角形をくり抜いた形)。「Connector Profile」のウィンドウが表示されますので、変更せずに「OK」を選択します。接続されたデータポートは黄緑色に変化します。

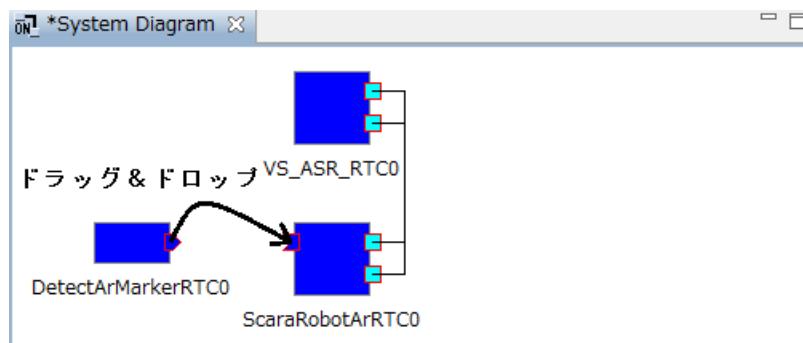


図 28 データポートの接続

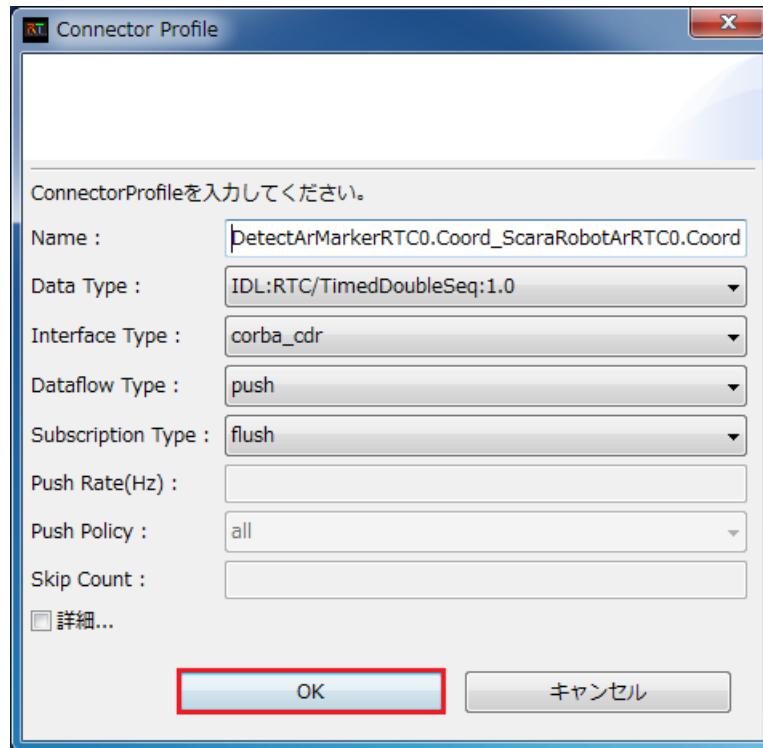


図 29 「Connector Profile」 ウィンドウ

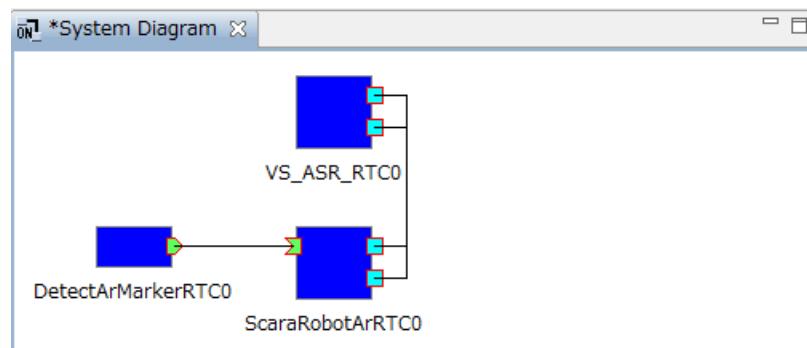


図 30 データポート接続後

- 18) 「VS_ASR_RTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。

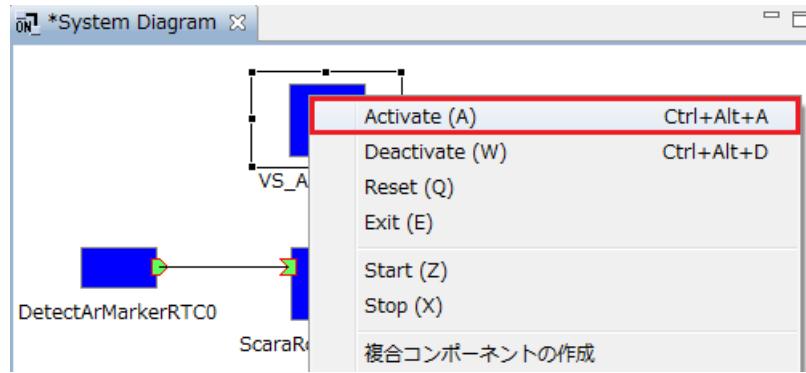


図 31 「VS_ASR_RTC」 の Activate

19) 「VS_ASR_RTC」 が正常に Activate されると、次のようにになります。

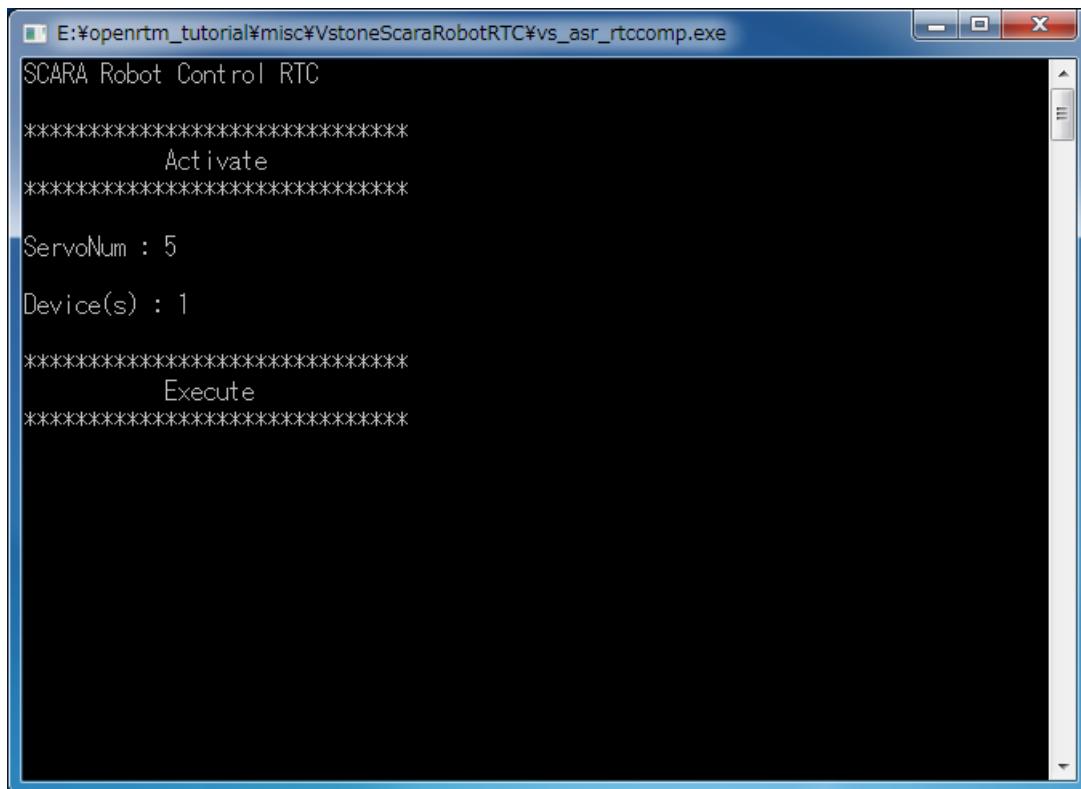


図 32 Activate 後の「VS_ASR_RTC」

20) 「DetectArMarkerRTC」 を右クリックし、「Activate」を選択します。

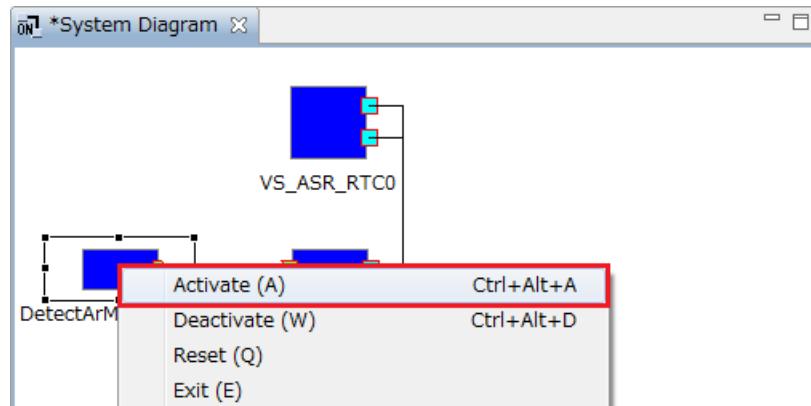


図 33 「DetectArMarkerRTC」 の Activate

- 21) 「DetectArMarkerRTC」 が正常に Activate されると、次のようにになります。

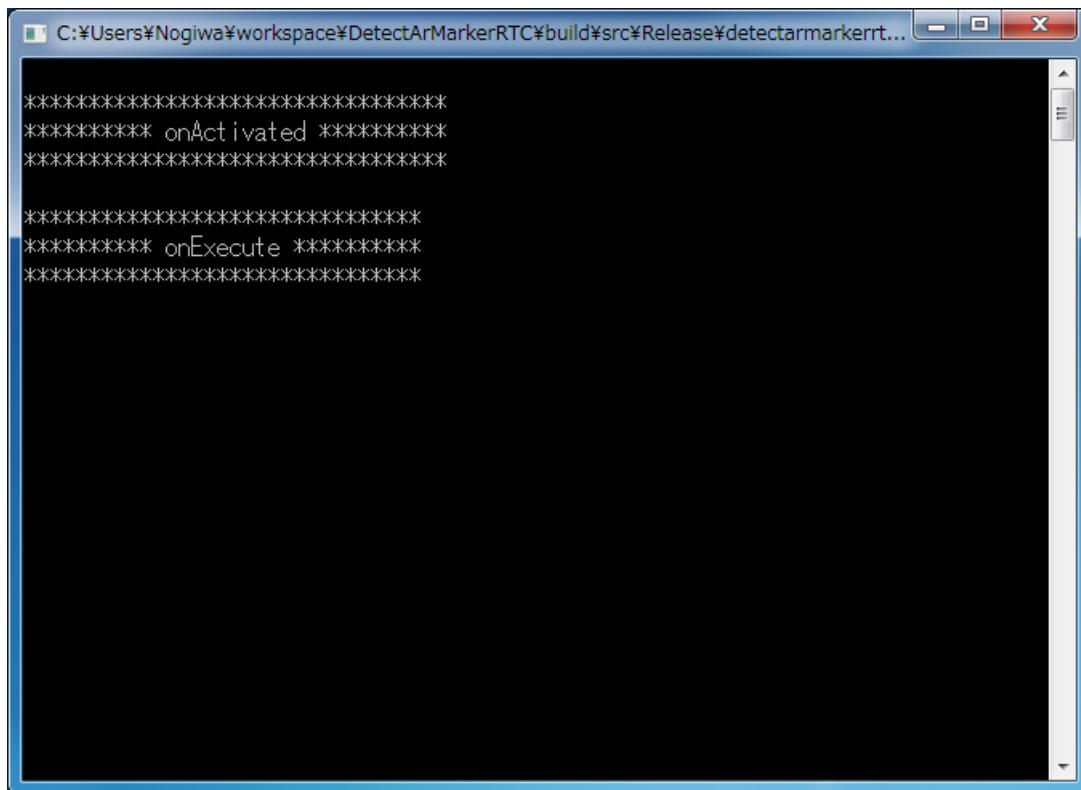


図 34 Activate 後の DetectArMarkerRTC

- 22) 「DetectArMarkerRTC」 が Execute されると、次のようなビデオプロパティを設定するウィンドウが表示されます（ウィンドウの仕様が多少異なる場合もあります）。このうち、「出力サイズ」の設定値を 4.2 節のカメラのレンズキャリブレーションで用いたものを同値に設定してください。設定後は「OK」を選択します。

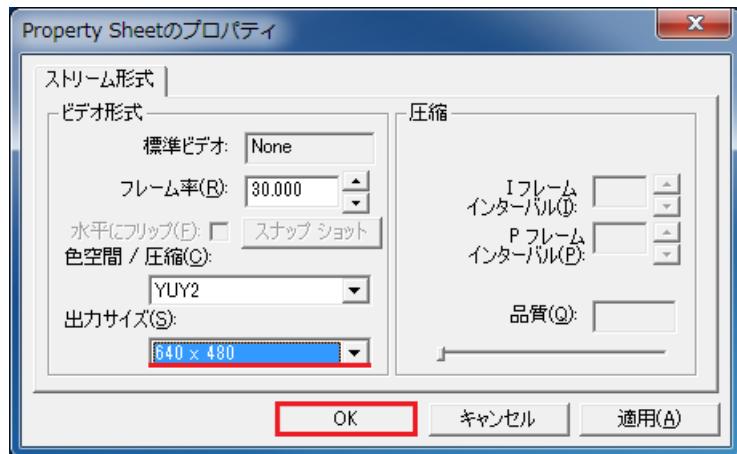


図 35 ビデオプロパティの設定

23) ビデオが正常に初期化されると、キャプチャウィンドウが表示されます。

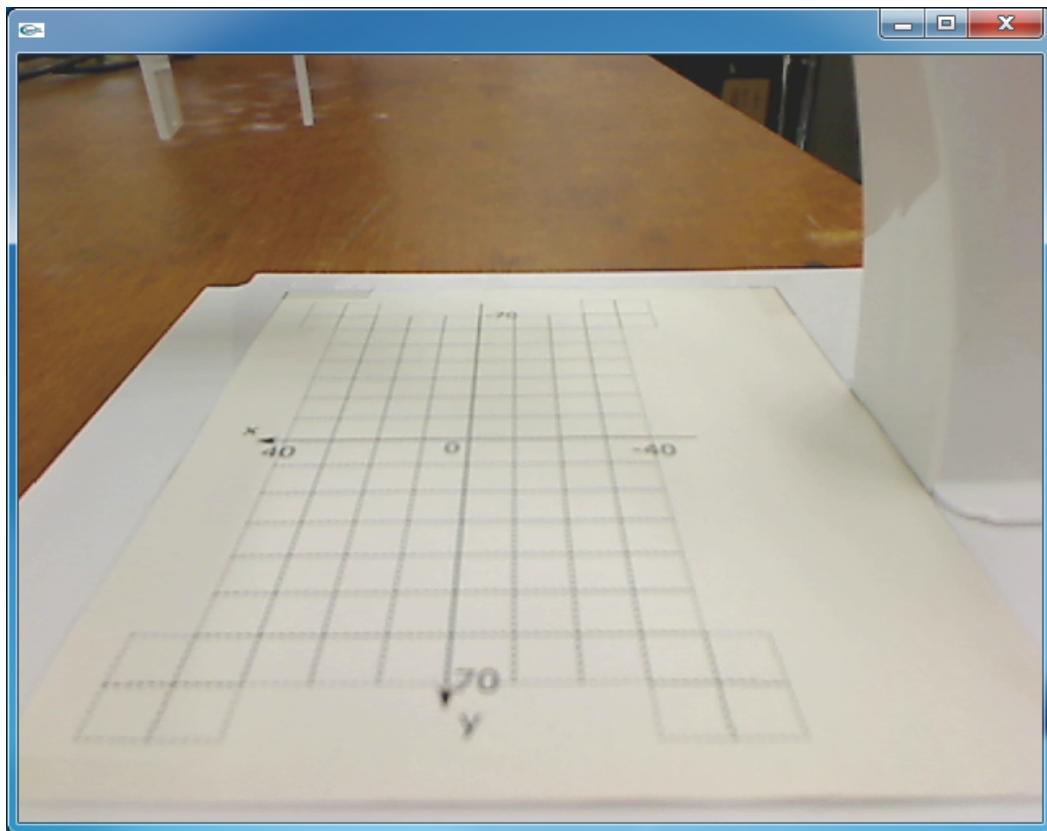


図 36 キャプチャウィンドウ

- 24) 「ScaraRobotArRTC」を選択し、直下にある「Configuration View」にある、「ROBOT_NAME」を選択します。
- 25) “ROBOT_NAME”を“SCARA”へ書き換え、「適用」を選択します。
- 26) 「ScaraRobotArRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。

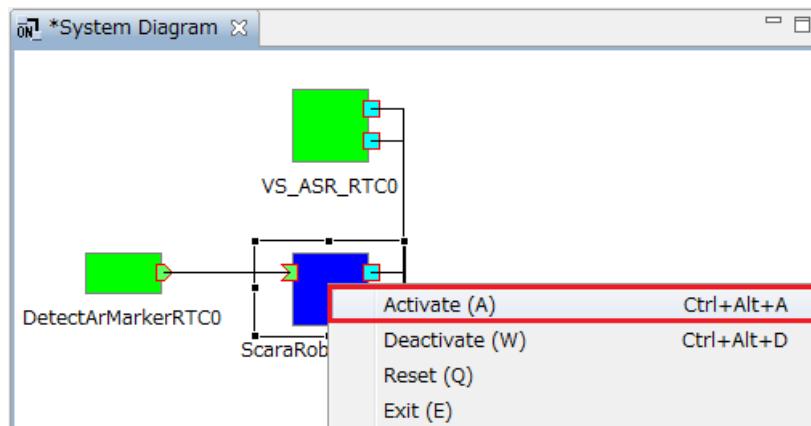


図 37 「ScaraRobotArRTC」の Activate

27) 「ScaraRobotArRTC」の Activate が正常に開始されると、次のようにになります。

```
C:\$Users\$Nogiwa\$workspace\$ScaraRobotArRTC\$build\$src\$Release\$scararobotarrtcom...  
*****  
Activate  
*****  
Set Speed  
  
*****  
Set BaseOffset  
*****  
Move PTP Joint Abs  
Close Gripper  
ServoOFF  
  
*****  
(1) Move the robot hand to the point of origin manually.  
(2) Press 'Enter' key.
```

図 38 Activate 開始直後の ScaraRobotArRTC

28) すべての RTC を参照しますので、下図を参考に見やすい形に並べてください。

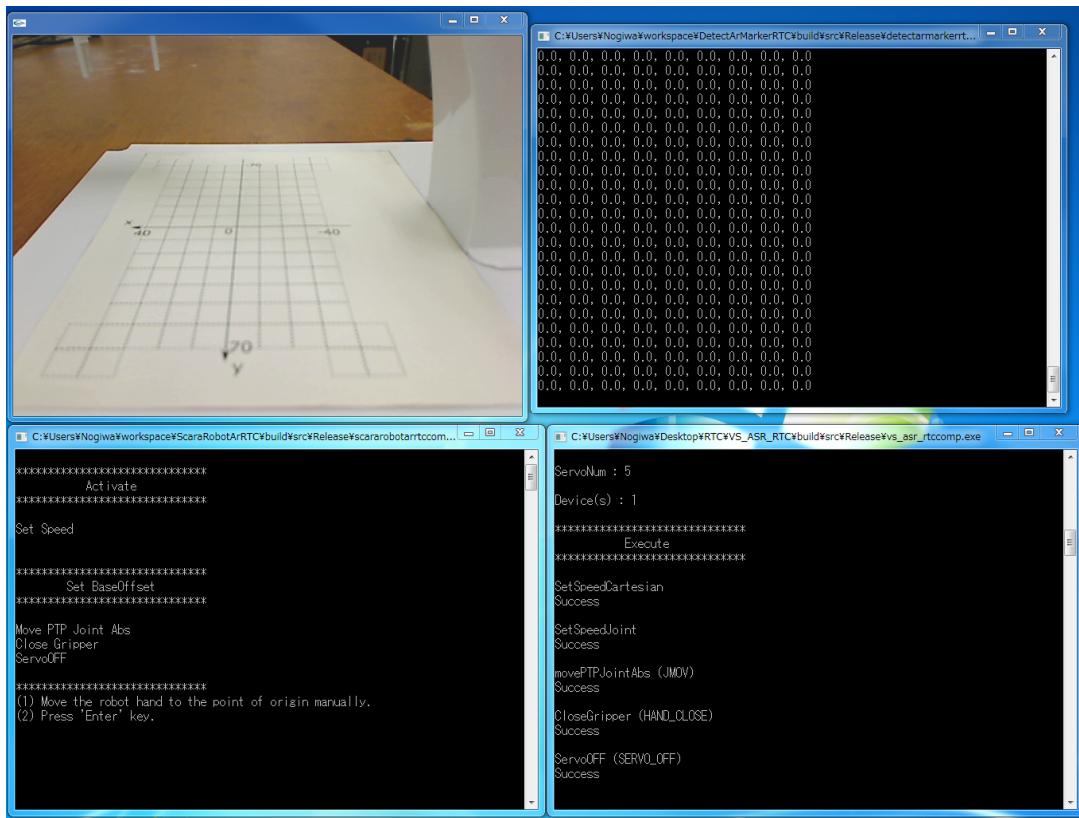


図 39 RTC ウィンドウの配置

- 29) ベースオフセットを設定します。「ScaraRobotControlRTC」に以下のように表示されていることを確認し、原点位置に手動でスカラロボットのハンドを持っていきます。素早く動かすとロボット故障の原因となりますのでご注意ください。

- (1) Move the robot hand to the point of origin manually.
- (2) Return 's' and 'Enter' key. If you want to exit, return 'e' and 'Enter' key.



図 40 ベースオフセットの設定

- 30) ハンドを位置決めしたら、キーボードを「s」、「Enter」キーの順に押します。
31) キャリブレーションを行います。下図に示すように、マーカ「R」を貼り付けたキューブを (x, y) = (0, 0) の位置に置きます。

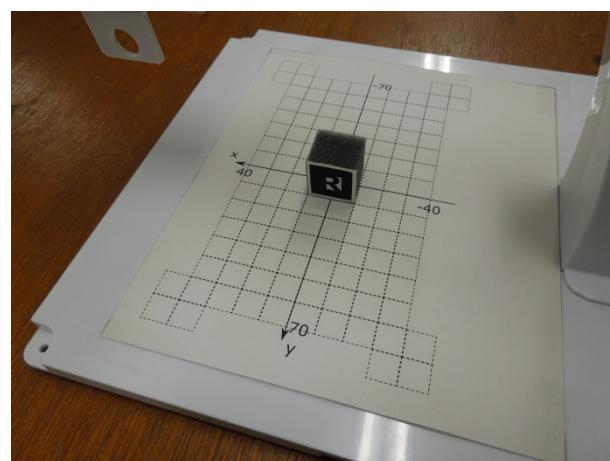


図 41 (0, 0) の位置にマーカを置く

32) キャプチャウィンドウでマーカを含めたキューブが下図に示すように青線の立方体で囲まれていることを確認してください。これが AR マーカを認識できていることを示します。認識されない場合は、以下に示す 3 つの項目で調整してください。

- 30.1) Web カメラの角度、照明条件を変更する。
- 30.2) カメラキャプチャ画像の 2 値化の閾値を変更する。

「DetectArMarkerRTC」は 2 値化の閾値（0～255）を変更するためのコマンドを実装しています。「DetectArMarkerRTC」のキャプチャウィンドウを選択し、キーボードで以下に示すキーを選択することでそれぞれ実行できます。

p : 2 値化の閾値を+1

m : 2 値化の閾値を-1

n : 現在の 2 値化の閾値を「DetectArMarkerRTC」のコンソールウィンドウに表示

- 30.3) Web カメラに同梱されているアプリケーションでキャプチャの明るさを変更する
(明度を上げることで改善される場合が多いです。)

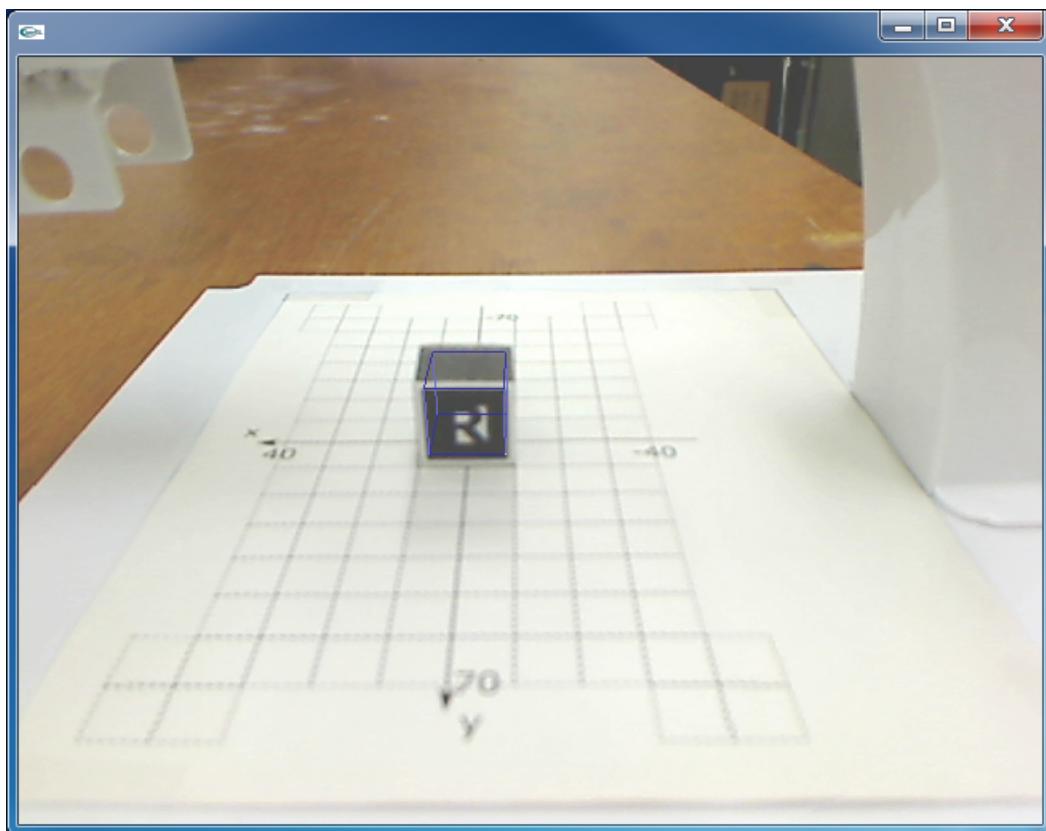
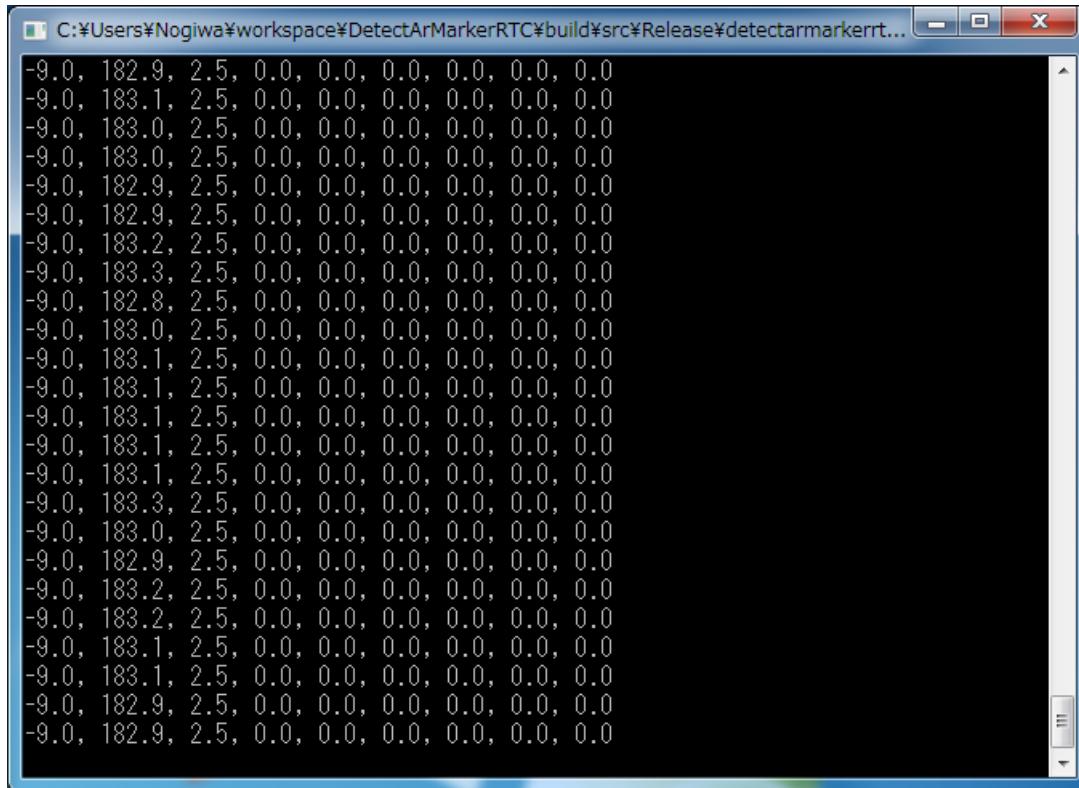


図 42 AR マーカが認識されたキャプチャウィンドウ

- 33) 「DetectArMarkerRTC」の出力を参照し、出力値が安定していることを確認してください。安定しない場合は、Web カメラの角度、照明条件の変更、および Web カメラに同梱されているアプリケーションでキャプチャの明るさを変更するなどして対処してください。



```
C:\$Users\$Nogiwa\$workspace\$DetectArMarkerRTC\$build\$src\$Release\$detectarmarker... -9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.0, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.0, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.2, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.3, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.8, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.0, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.3, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.0, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.2, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.2, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 183.1, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0  
-9.0, 182.9, 2.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0
```

図 43 「DetectArMarkerRTC」の出力

- 34) キーボードの「Enter」キーを押して、マーカ座標を取得します。
35) 下図に示すように、マーカ「R」を貼り付けたキューブを $(x, y) = (-40, -70)$ の位置に置き、手順 28)～30)を繰り返します。

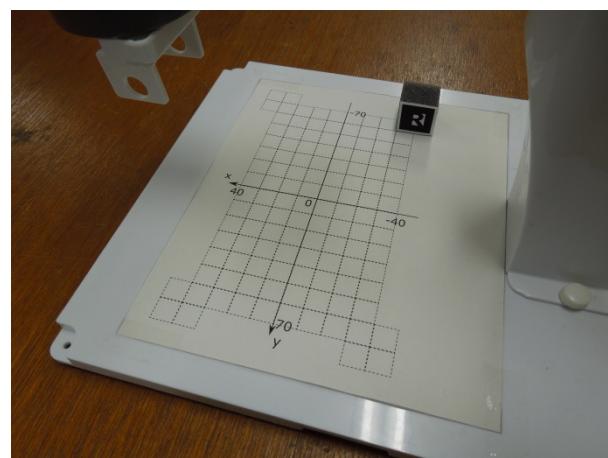


図 44 $(-40, -70)$ の位置にマーカを置く

- 36) 下図に示すように、マーカ「R」を貼り付けたキューブを $(x, y) = (40, -70)$ の位置に置き、手順 28)～30)を繰り返します。

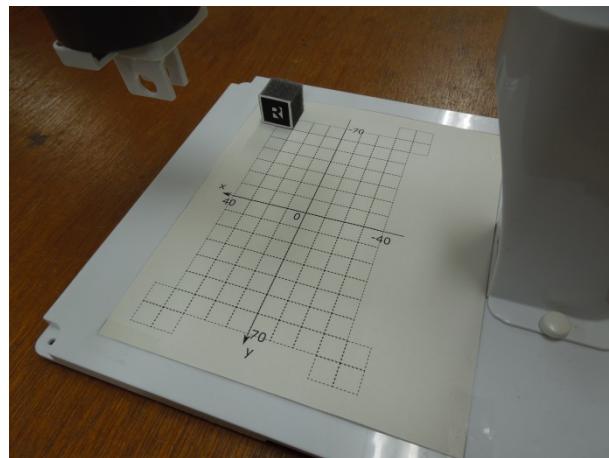


図 45 $(40, -70)$ の位置にマーカを置く

- 37) 下図に示すように、マーカ「R」を貼り付けたキューブを $(x, y) = (40, 70)$ の位置に置き、手順 28)～30)を繰り返します。

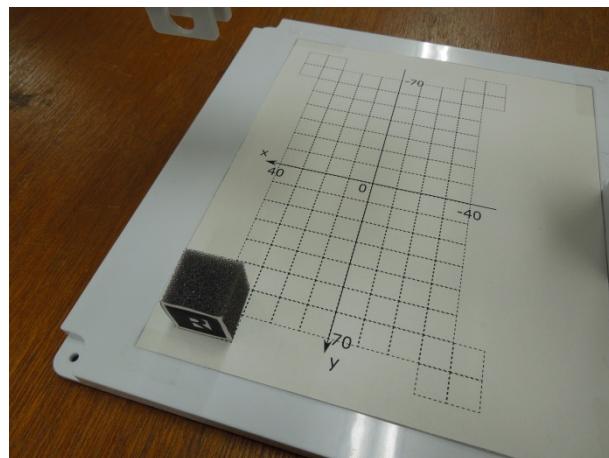


図 46 $(40, 70)$ の位置にマーカを置く

- 38) 下図に示すように、マーカ「R」を貼り付けたキューブを $(x, y) = (-40, 70)$ の位置に置き、手順 28)~30)を繰り返します。

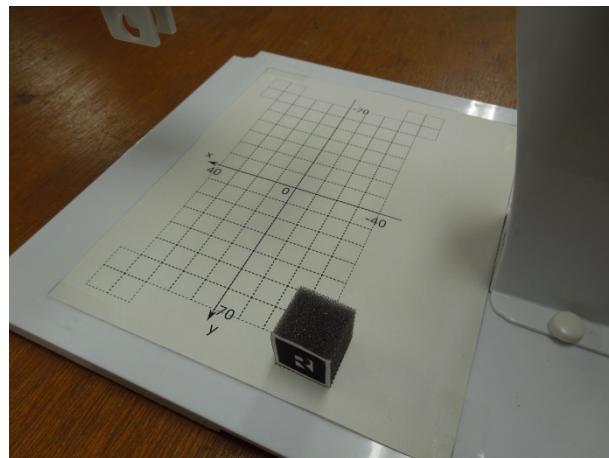


図 47 $(-40, 70)$ の位置にマーカを置く

- 39) キャリブレーションによる設定値を確認します。「ScaraRobotControlRTC」に以下のように表示されていることを確認し、任意の位置に、マーカ「R」、「T」、「M」を貼り付けたキューブを配置します。

- (1) Put 'R', 'T' and 'M' marker.
- (2) Return 's' and 'Enter' key. If you want to exit, return 'e' and 'Enter' key.

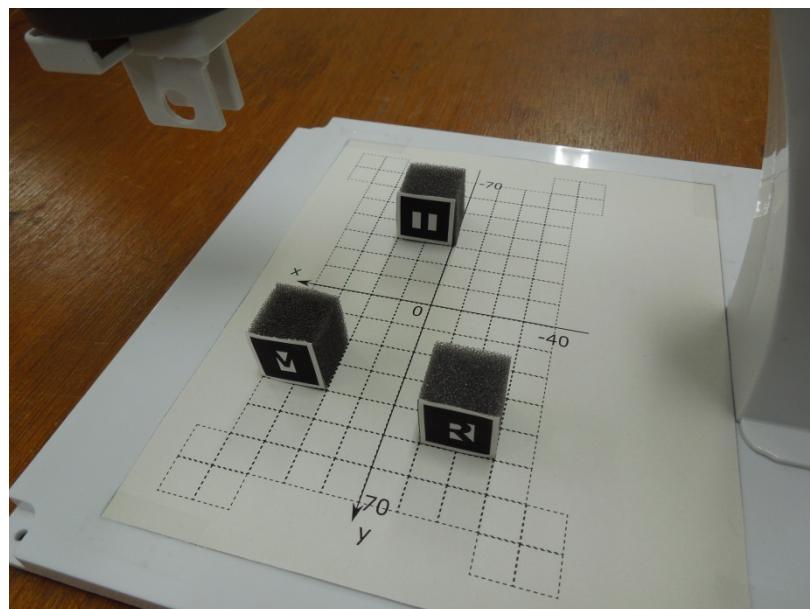
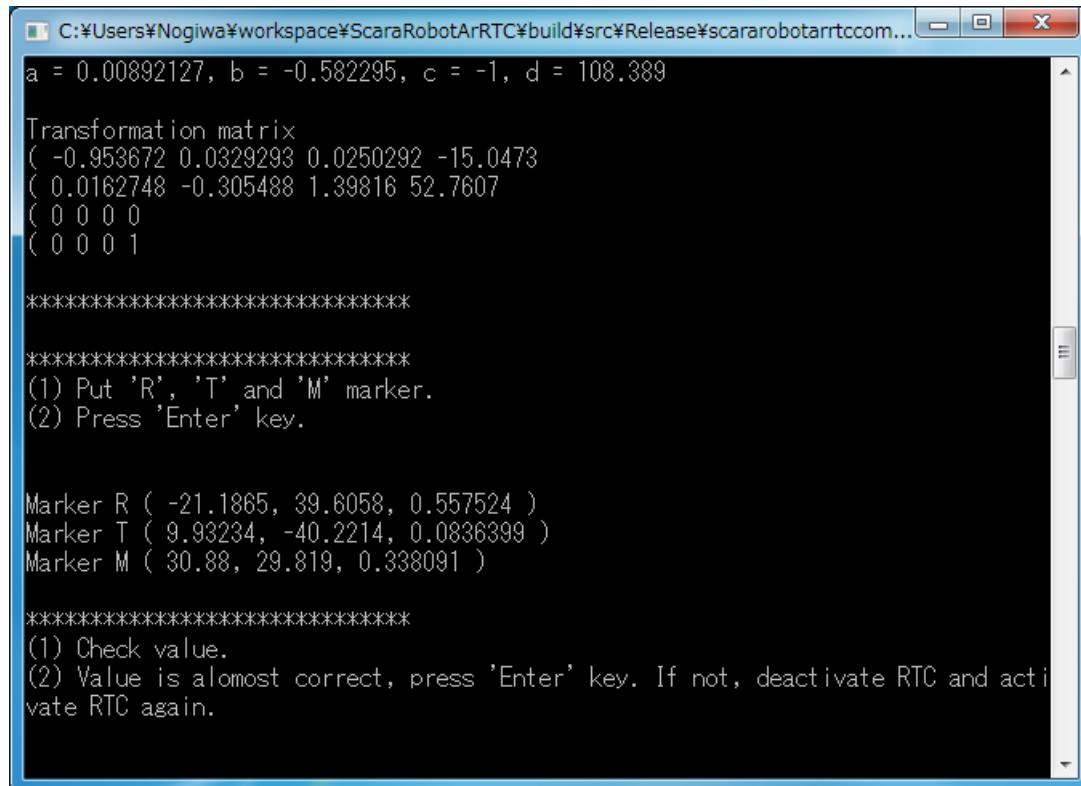


図 48 「R」「T」「M」のキューブの配置例

40) キーボードを「s」, 「Enter」キーの順に押すと, 値の取得が行われますので配置した位置と大きな相違がないことを確認してください ($\pm 5\text{mm}$ 程度目安).

大きく異なる場合は, 「e」, 「Enter」キーの順に押して「ScaraRobotArRTC」を Deactivate させ, 手順 24)からやり直してください.



C:\\$Users\\$Nogiwa\\$workspace\\$ScaraRobotArRTC\\$build\\$src\\$Release\\$scararobotarrtccom...
a = 0.00892127, b = -0.582295, c = -1, d = 108.389
Transformation matrix
(-0.953672 0.0329293 0.0250292 -15.0473
(0.0162748 -0.305488 1.39816 52.7607
(0 0 0 0
(0 0 0 1

(1) Put 'R', 'T' and 'M' marker.
(2) Press 'Enter' key.

Marker R (-21.1865, 39.6058, 0.557524)
Marker T (9.93234, -40.2214, 0.0836399)
Marker M (30.88, 29.819, 0.338091)

(1) Check value.
(2) Value is almost correct, press 'Enter' key. If not, deactivate RTC and activate RTC again.

図 49 キャリブレーション後の「ScaraRobotArRTC」

- 41) キーボードの「s」, 「Enter」キーの順に押すと, デモが開始されます. AR マーカを用いたパレタイジングデモの流れを下図に示します. AR マーカから位置を認識しているのは移動前のみとなります. 移動後の位置はあらかじめプログラム内に格納された値の位置に移動します.

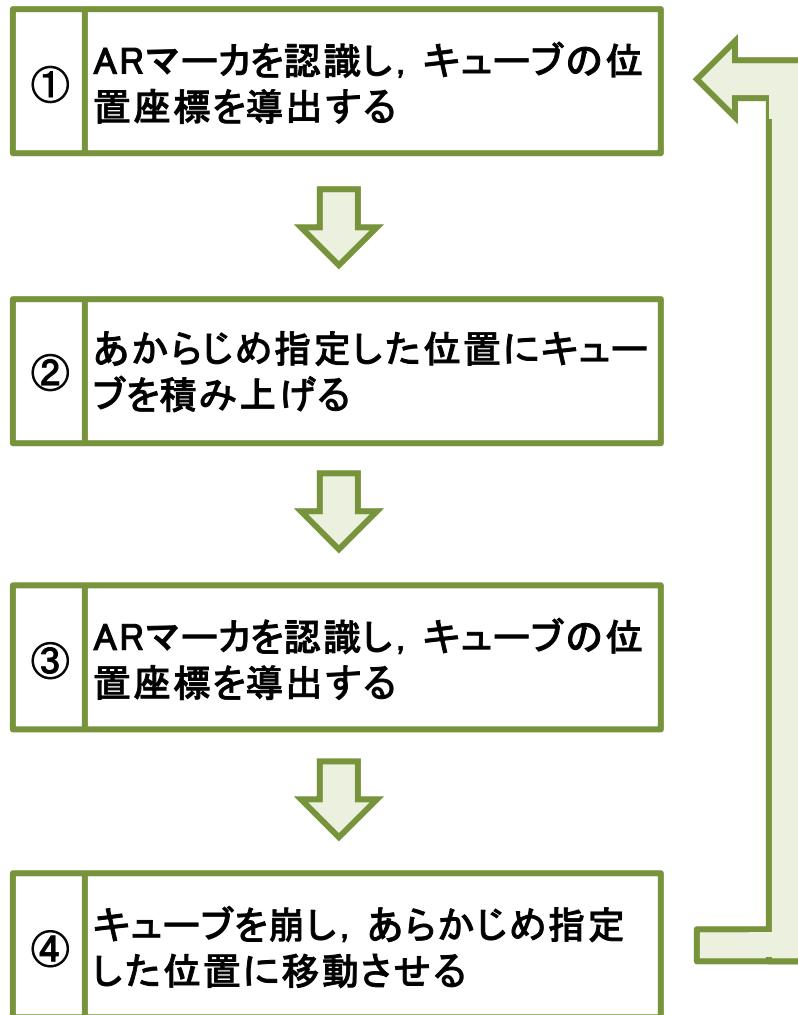


図 50 「ScaraRobotArRTC」 のデモ動作フロー

5. 参考文献

- [1] “Academic SCARA Robot (アカデミック スカラロボット)”, https://www.vstone.co.jp/products/scara_robot/
- [2] “ウェブカメラ C600”, http://support.logicool.co.jp/ja_jp/product/2-mp-webcam-c600