

RV-3SD を RTC で制御

(第 1.0 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
2015.11.28	1.0	全ページ	新規作成

【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	5
2.3 RTC	6
3. RV-3SD でのパレタイジングデモの	7
3.1 ハードウェアの設置	7
3.2 カメラのレンズキャリブレーション	7
3.3 パレタイジングデモの実行	7
4. 参考文献	19

1. はじめに

1.1 概略

本書では、三菱電機株式会社製 MELFA RV-3SD 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。使用する RTC は、RV-3SD 独自に必要なものとされるもの以外は、ヴイストン株式会社製アカデミックスカラロボットを用いた場合と同様です。

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

MELFA RS-3SV を含むハードウェアの導入に関しては、「RT ミドルウェアの産業応用を目的としたエンジニアリングサンプル」で公開されている「導入マニュアル.pdf」のうち、「2 ハードウェア環境の導入」を参照してください。ただし、ベルトコンベアおよび USB カメラに関する記述については除くものとします。「導入マニュアル.pdf」は以下のリンクよりダウンロードできます。

(http://www.openrtm.org/openrtm/sites/default/files/project/5454/engineering_sample_1.zip)

From: 「RT ミドルウェアの産業応用を目的としたエンジニアリングサンプル」

(<http://www.openrtm.org/openrtm/en/node/5454>)

以下に、その他に必要なハードウェアについて記述します。

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ものをお勧めします。



図 1 Web カメラの例 (Logicool 920) [1]

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。



図 2 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) 作業平面にテープ等で貼り付けてください.

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>)

2.3 RTC

A) 「ACT_MELFA」【再利用】

三菱電機株式会社より提供されている MELFA のハードウェア RTC です。

From: 「産業用ロボット MELFA (ACT 中レベル)」

(http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID312)

B) 「DetectArMarkerRTC」【新規作製】

AR マーカを検出して座標値を出力する RTC です。

C) 「DIOInterfaceModuleRTC」【再利用】

デジタル入出力ボードを制御する RTC です。三菱電機株式会社製 1 軸ハンド「HM-01 HAND」を制御するために用います。

From: 「RT ミドルウェアの産業応用を目的としたエンジニアリングサンプル」

(<http://www.openrtm.org/openrtm/en/node/5454>)

D) 「RobotArmCommonInterfaceConvertRTC」【新規作製】

「ロボットアーム制御機能共通 I/F」の旧版と新版の違いを解消するための RTC です。

旧版: ロボットアーム制御機能共通インタフェース仕様書 (第 1.0 版)

(http://openrtm.org/openrtm/sites/default/files/RobotArm_Interface1.0.zip)

新版: ロボットアーム制御機能共通インタフェース仕様書 (SI 単位系準拠第 1.0 版)

([http://www.openrtm.org/openrtm/sites/default/files/project/5462/\(SI%E5%8D%98%E4%BD%8D%E7%B3%BB%E6%BA%96%E6%8B%A0%20%E7%AC%AC1.0%E7%89%88\).pdf](http://www.openrtm.org/openrtm/sites/default/files/project/5462/(SI%E5%8D%98%E4%BD%8D%E7%B3%BB%E6%BA%96%E6%8B%A0%20%E7%AC%AC1.0%E7%89%88).pdf))

E) 「ScaraRobotArRTC」【新規作製】

他の RTC から受け取った座標値をもとに、ハードウェア RTC に指令値を送る RTC です。ベースオフセット等の初期設定も行います。

3. RV-3SD でのパレタイジングデモの実行

3.1 ハードウェアの設置

- 1) MELFA RS-3SV を含むハードウェアの設置に関しては、「RT ミドルウェアの産業応用を目的としたエンジニアリングサンプル」で公開されている「導入マニュアル.pdf」のうち、「2 ハードウェア環境の導入」を参照してください。ただし、ベルトコンベアおよび USB カメラに関する記述については除くものとします。
- 2) 次の図に従って、Web カメラを設置します。

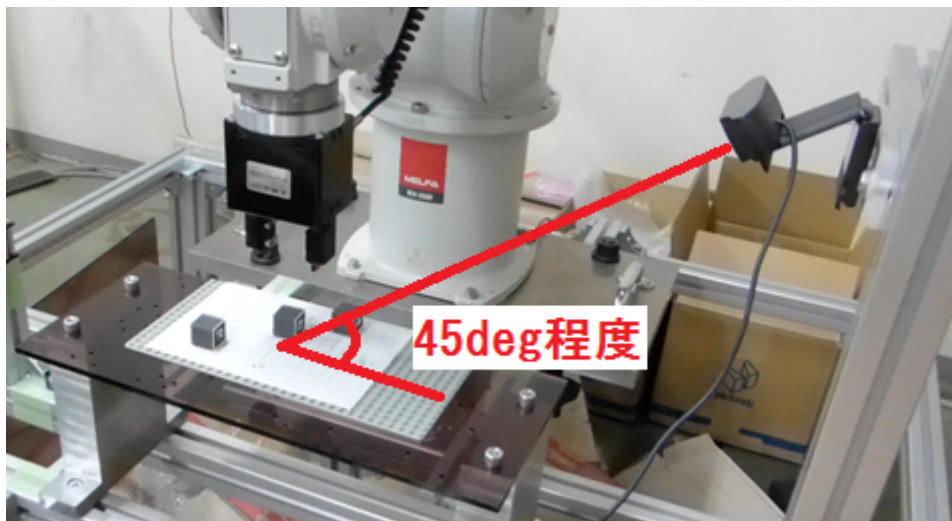


図 3 Web カメラの設置位置

3.2 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。

3.3 パレタイジングデモの実行

- 1) 「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。

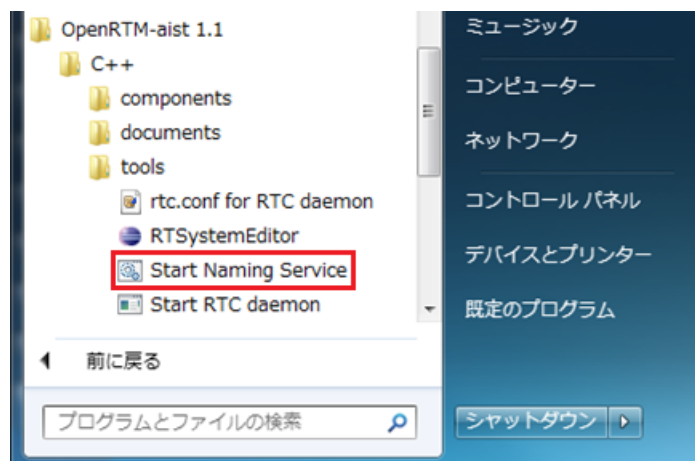


図 4 「Naming Service」の起動

- 2) “..¥RTC¥DetectArMarkerRTC¥bin”にある、「detectarmarkerrtccomp.exe」を実行します。
- 3) “..¥RTC¥DIOInterfaceModuleRTC¥bin”にある、「diointerfacemodulertccomp.exe」を実行します。
- 4) “..¥RTC¥RobotArmCommonInterfaceConvertRTC¥bin”にある、「robotarmcommoninterfaceconvertrtccomp.exe」を実行します。
- 5) “..¥RTC¥ScaraRobotArRTC¥bin”にある、「scararobotarrtccomp.exe」を実行します。
- 6) 「ACT_MELFA」の RTC 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。

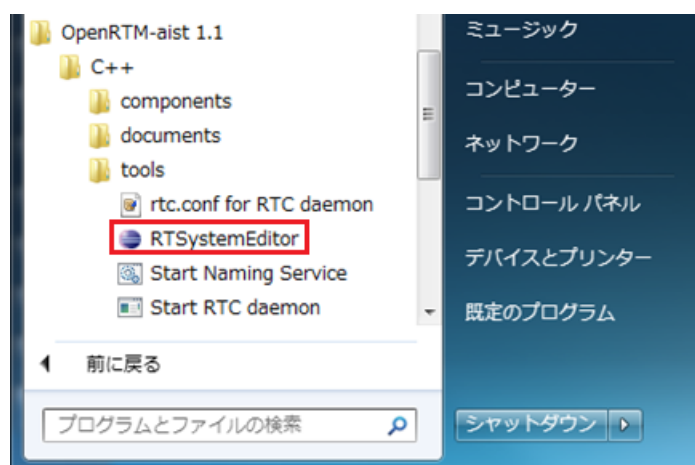


図 5 「RTSystemEditor」の起動

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

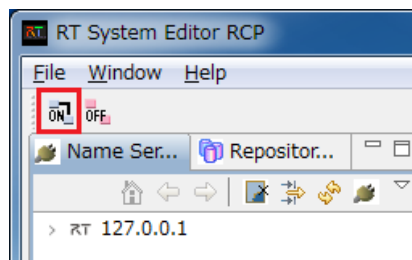


図 6 System Editor を開く

- 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、「ACT_MELFA0|RTC」、「DetectArMarkerRTC0|RTC」、「DIOInterfaceModuleRTC0|RTC」、「RobotArmCommonInterfaceConvertRTC0|RTC」および「ScaraRobotArRTC|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。
- 10) サービスポートを接続します。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。
- 11) データポートを接続します。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(”□”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。
- 12) すべての RTC を接続すると、次のような状態になります。

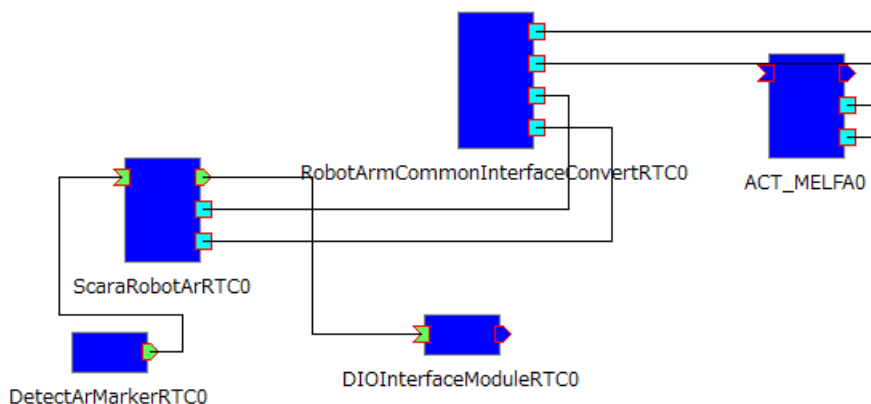


図 7 すべての RTC を接続した状態

- 13) 「ACT_MELFA」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 14) 「RobotArmCommonInterfaceConvertRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 15) 「DIOInterfaceModuleRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 16) 「DetectArMarkerRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 17) 「DetectArMarkerRTC」が実行されると、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。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。

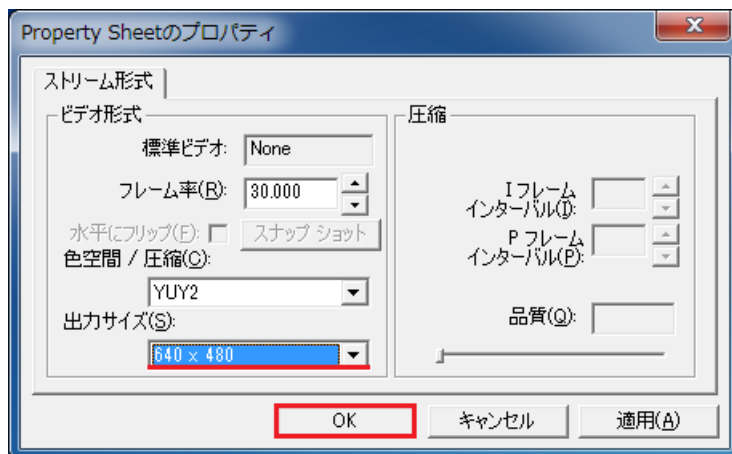


図 8 ビデオプロパティの設定

- 18) 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。キャリブレーション平面が範囲内にあることを確認してください。
- 19) 「ScaraRobotArRTC」を選択し、直下にある「Configuration View」にある、「ROBOT_NAME」を選択します。
- 20) “ROBOT_NAME” を “MITSUBISHI” へ書き換え、「適用」を選択します。
- 21) 「ScaraRobotArRTC」を右クリックし、「Activate」を選択します。
- 22) ベースオフセットを設定します。「ScaraRobotArRTC」に以下のように表示されていることを確認します。

- (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.

- 23) 「ACT_MELFA」を右クリックし、「Deactivate」を選択します。
- 24) ロボットコントローラのキーを「AUTOMATIC」から「MANUAL」へ変更します。
- 25) ティーチングボックスを用いてハンドをキャリブレーション座標平面の原点位置へ持っていきます。
- 26) ロボットコントローラのキーを「MANUAL」から「AUTOMATIC」へ変更します。
- 27) 「ACT_MELFA」を右クリックし、「Activate」を選択します。

- 28) 「ScaraRobotArRTC」のコンソールウィンドウに戻り，キーボードを「s」，「Enter」キーの順に押します．
- 29) 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．

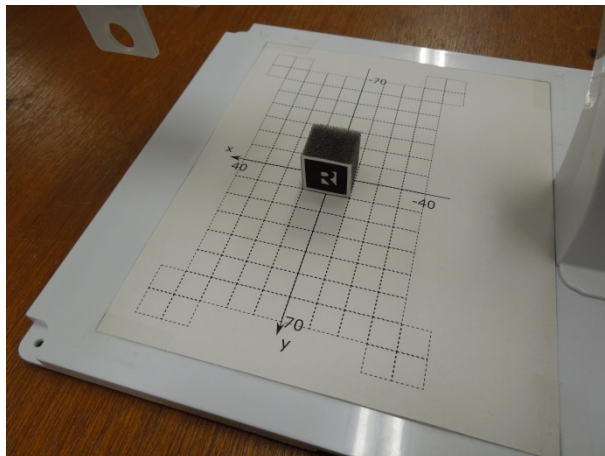


図 9 $(0, 0)$ の位置にマーカを置く

30) 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。

27.1) Web カメラの角度，照明条件を変更する。

27.2) 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

27.3) 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。)

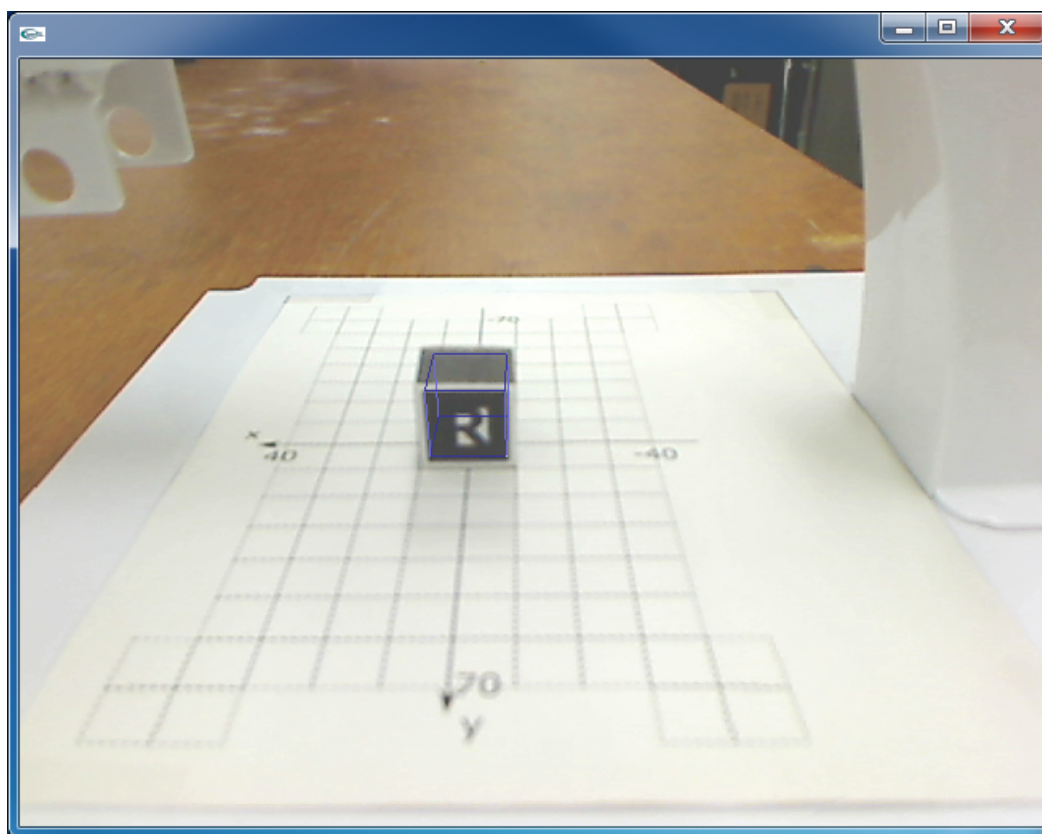


図 10 AR マーカが認識されたキャプチャウィンドウ

- 31) 「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。

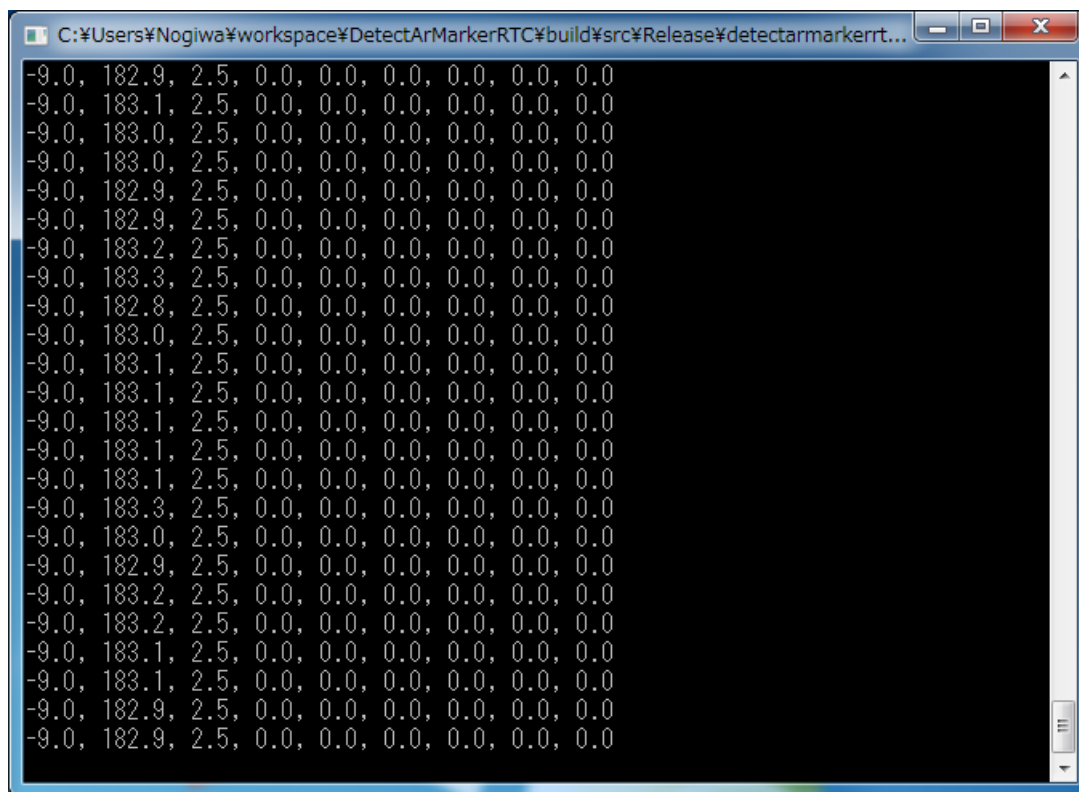


図 11 「DetectArMarkerRTC」の出力

- 32) キーボードの「Enter」キーを押して、マーカ座標を取得します。
- 33) 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。

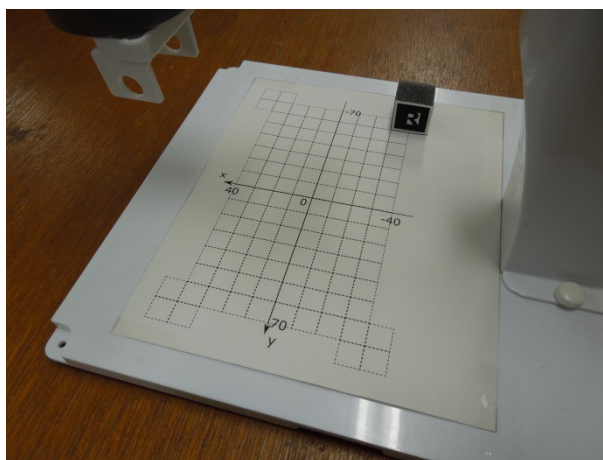


図 12 $(-40, -70)$ の位置にマーカを置く

- 34) 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。

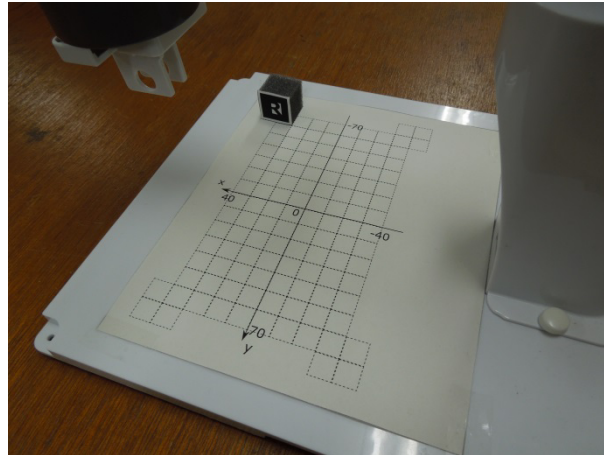


図 13 $(40, -70)$ の位置にマーカを置く

- 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。

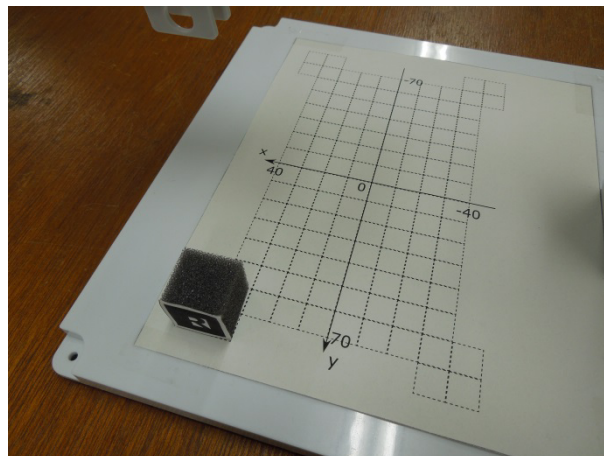


図 14 $(40, 70)$ の位置にマーカを置く

- 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。

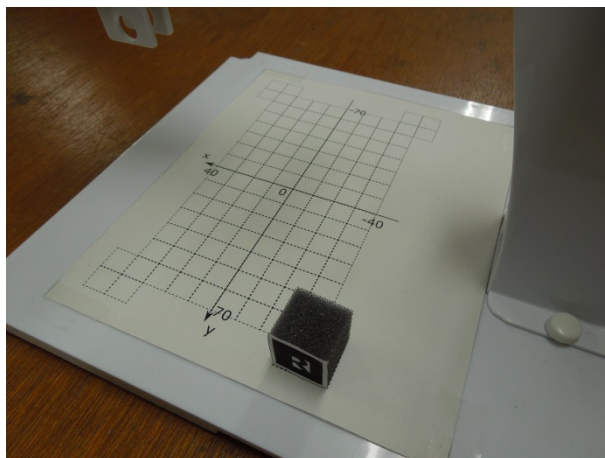


図 15 $(-40, 70)$ の位置にマーカを置く

- 37) 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.

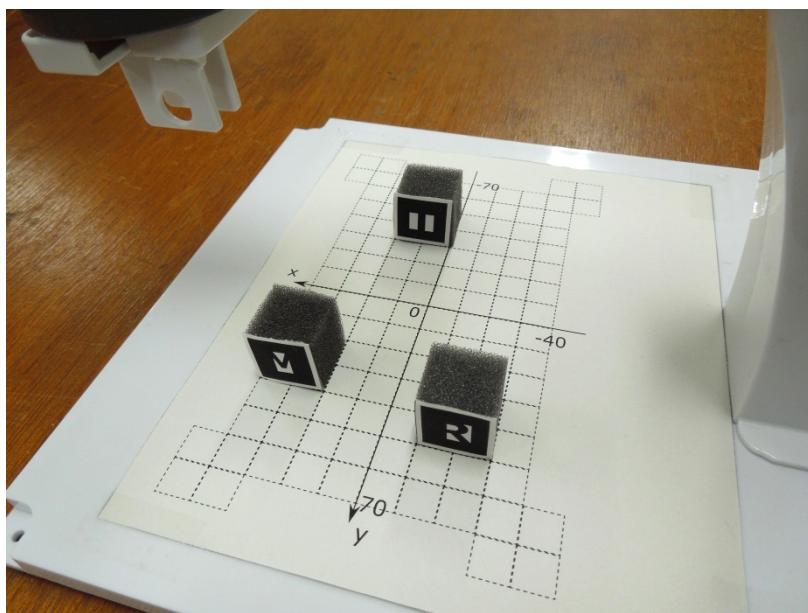
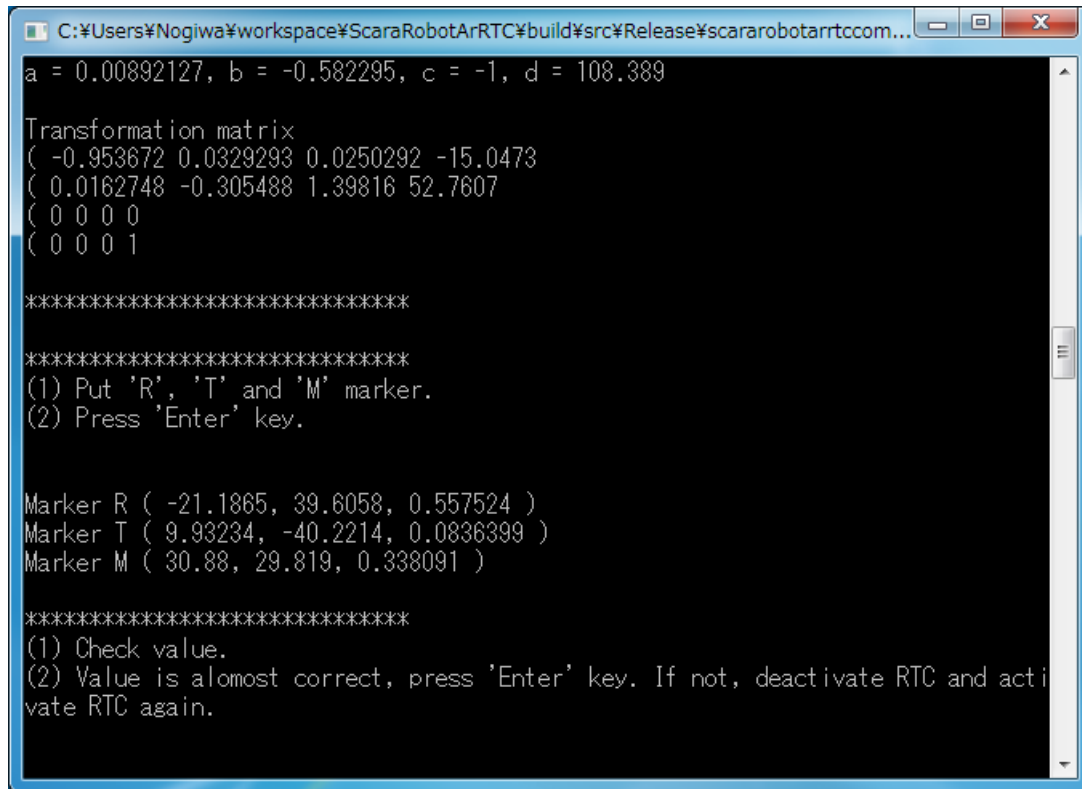


図 16 「R」「T」「M」のキューブの配置例

38) キーボードの「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 (±5mm 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 21) からやり直してください。



```
C:\Users\Nogiwa\workspace\ScaraRobotArRTC\build\src\Release\scara_robot_arrtc.com...
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 17 キャリブレーション後の「ScaraRobotArRTC」

- 39) 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。

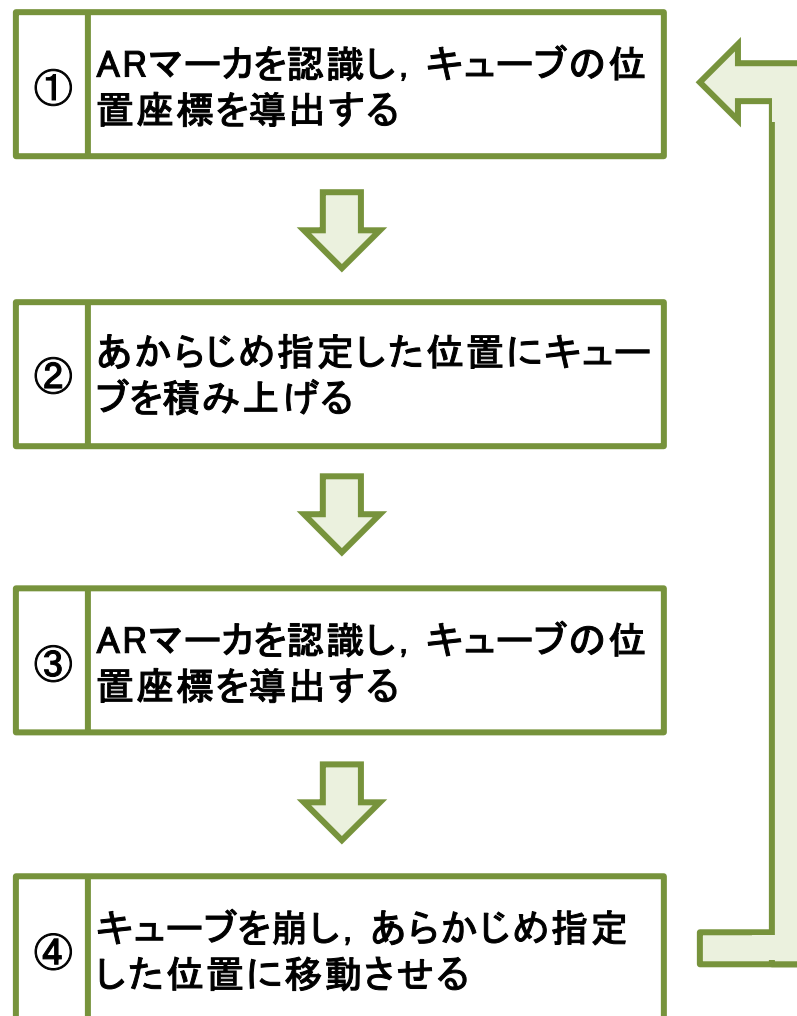


図 18 「ScaraRobotArRTC」のデモ動作フロー

4. 参考文献

- [1] “ロジクール HD プロウェブカム C920R”, <http://www.logicool.co.jp/ja-jp/product/hd-pro-webcam-c920>