

# OpenVGR

## 座標系変換ツール説明書

座標系変換行列計算プログラムの使い方

V e r . 0.9.0

2011 年 12 月 21 日

独立行政法人 産業技術総合研究所

## 本文書の取り扱いについて

- 本書に掲載する情報は、使用者に有用なものであるように万全を期していますが、内容の正確性、最新性、その他一切の事項について保証をするものではありません。
- 本書の著者および著作権者は、使用者がこの文書から得たまたは得られなかった情報から生じる損害に対しても、一切責任を負いません。
- 本書は使用者への事前の予告なしに変更、削除、公開の中止を行うことがあります。

### 【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: [openvgr-contact@m.aist.go.jp](mailto:openvgr-contact@m.aist.go.jp)**

## 1. プログラムの実行環境

本プログラムは以下の環境で動作します。プログラムの導入はこのファイルセットに同梱されている文書「はじめにお読みください」を参照して行ってください。

動作環境：

PC：CPU Core2Duo 以上，メモリ 1GB 以上，ハードディスク 10GB 以上

OS：Ubuntu 10.04 LTS Desktop 日本語 Remix（32bit 環境）

開発環境：

GNU Compiler Collection 4.4.3

OpenCV 2.0

OpenVGR 0.9.0 以降 (libopenvgr\_misc.a)

## 2. 座標系変換行列計算の概要

カメラキャリブレーションで得られた座標系と、カメラの観測結果を適用したい座標系が異なる場合、座標系変換（剛体変換）行列を用いて目的の座標データやベクトルを得ます。ステレオカメラシステムで認識した物体をマニピュレータでつかむときはその一例です。ステレオカメラ座標系で得られた認識物体の位置姿勢をマニピュレータの座標系で表してマニピュレータへ動作を指令します。

この座標系変換行列は、変換したい座標系（目的空間）であらかじめ場所がわかっている点の 3 次元位置データと、その点をカメラ座標系で計測した 3 次元位置データの組を 3 つ以上作り、それを用いて計算します。

目的空間がマニピュレータ座標系なら、ツール（ハンド）位置はマニピュレータの制御装置から得られるのが普通です。カメラ座標系でのツール位置を計測するには、例えば特別なマーカーをロボットのツールに貼り付け、それをステレオカメラで撮影します。ステレオ画像中で同じもの（ツール）を示すそれぞれの点を、ここではステレオ対応点といいます。ステレオ対応点の検出例を図 1 に示します。マーカーを赤枠で、マーカー中央のステレオ対応点を黄色点で画像上に表しています。ステレオ対応点は 2 次元情報ですが、カメラのキャリブレーションデータを別途求めておけば、ステレオ対応点からマーカーの 3 次元位置を計測することができます。このようにしてマニピュレータ座標系とカメラ座標系の 3 次元対応点座標を得ます。これらのデータの関係を図 2 に示します。

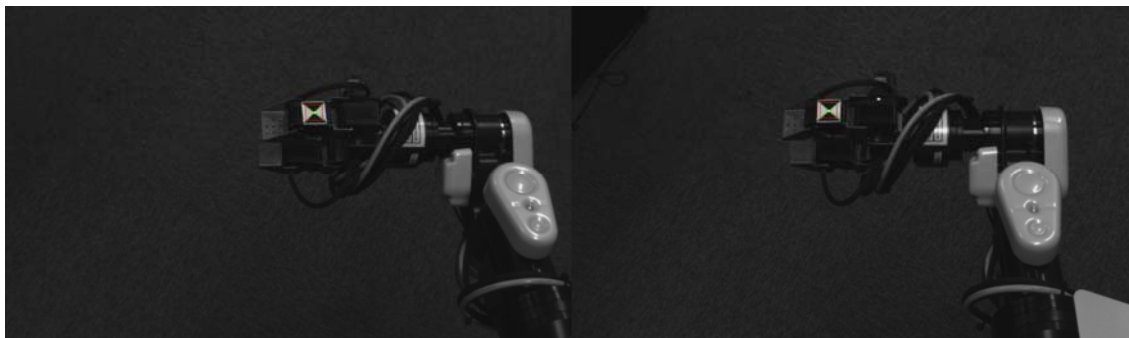


図 1 ステレオ対応点（マーカー中央点）の検出例

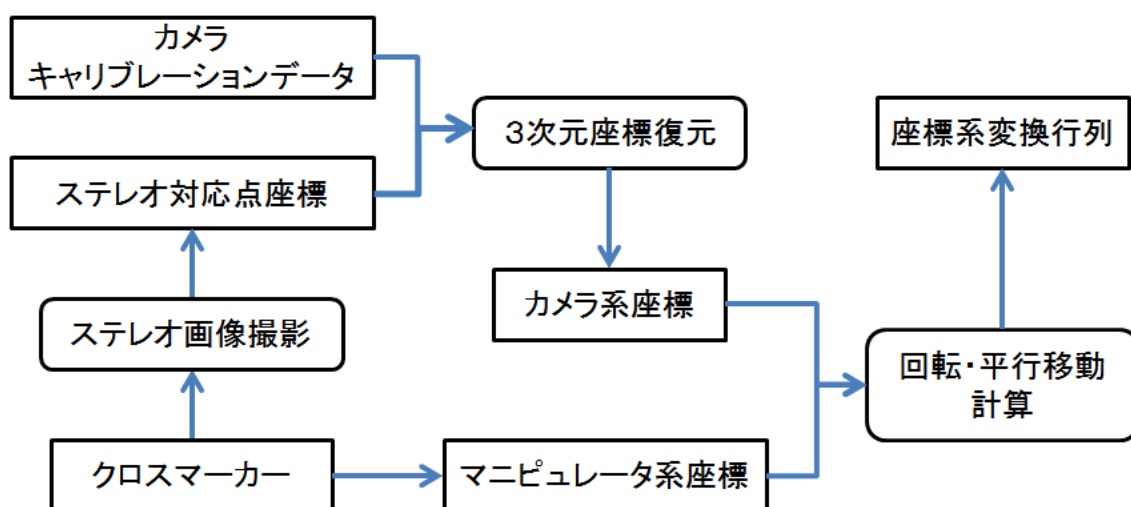


図 2 データの関係

### 3. マーカー位置 3 次元位置データの計測

ステレオ対応点はある程度手動で求めることができます。しかし計測精度を高めるためにはサブピクセル単位の画素座標が必要です。そのため、マーカーを撮影した画像をプログラムにかけて自動・半自動で求めることが多く行われます。本ソフトウェアセットではクロスマーカーを用い、その検出プログラムとして `findx` を使います。

従ってマーカー位置検出の詳細については同梱の「クロスマーカー検出プログラムの使い方」という文書を参照してください。本節では既にステレオカメラ画像中のマーカー位置がわかっているものとして、ステレオ対応点からカメラ系の 3 次元座標を計算（復元）するプログラム `cr2xyz` の使用方法について説明をします。

### 3.1 キャリブレーションデータとマーカーの 3 次元座標データ作成

ステレオカメラシステムを用いて 3 次元計測を行う場合には、ステレオカメラのキャリブレーションデータを用意する必要があります。これは OpenVGR の `multicalib` プログラムを使ってキャリブレーションを行います。`multicalib` でのキャリブレーションは「OpenVGR 操作説明書 4.6. カメラキャリブレーションツール」を参照して実施してください。

マーカーの座標データを作成するために、`findx` で検出したステレオ対応点のデータを 3 次元座標復元プログラム `cr2xyz` に与えます。`multicalib` は 3 台構成以上のステレオカメラを扱うことができますが、`cr2xyz` はその中の 2 台のカメラを選択して使います。選択した 2 つのカメラの画像中で同じものを示すステレオ対応点は、画素座標 (`col`, `row`) の組で表します。これは画像の左上を原点として横方向が `col`、縦方向が `row` とします。

`cr2xyz` はキャリブレーションデータと一組のステレオ対応点の画素座標から、一点分のカメラ座標系 3 次元座標を出力します。

### 3.2 `cr2xyz` プログラムの実行方法

`cr2xyz` プログラムは以下のようなフォーマットで実行します。

```
./cr2xyz -i calib.yaml [-c1 #] [-c2 #] col1 row1 col2 row2
```

<オプション>

`i` : 入力するキャリブレーションデータファイル名

上記例では `calib.yaml`

`multicalib` の出力する `yaml` 形式のファイルを用いる

`c1` : 使用カメラ番号 1

`calib.yaml` 内のカメラ番号 (省略時 0)

`c2` : 使用カメラ番号 2

`calib.yaml` 内のカメラ番号 (省略時 1)

## <パラメータ>

**col 1** : **c1** で指定したカメラでの対応点 **col** (横方向画素) 座標

**row1** : **c1** で指定したカメラでの対応点 **row** (縦方向画素) 座標

**col 2** : **c2** で指定したカメラでの対応点 **col** 座標

**row2** : **c2** で指定したカメラでの対応点 **row** 座標

※ 画素座標は左上原点

プログラムが実行されると標準出力にステレオ対応点の3次元座標 (**x, y, z**) がその順番で、数値のみ出力されます。出力の単位(mm)および座標系は **multicalib** が定めるものです。

## 実行例

```
./cr2xyz -i calib10.yaml 300.834 202.875 386.488 194.633
```

```
-81.750277 130.385518 921.404817
```

## 4. 3次元対応点座標データの準備

3次元対応点データとして座標変換前と座標変換後の点リストをそれぞれのファイルで準備します。通常は変換前の点リストはマーカーを計測したカメラ系座標のもので、**cr2xyz** プログラムの出力を集めて使います。変換後の点リストはマニピュレータの制御装置から得られたロボット系座標でのマーカー位置です。マーカー位置がツール位置と一致していない場合は、制御装置からの値に補正計算を行って一致させたデータを作成してください。また、座標系は必ず右手系として下さい。

リストは以下のようなフォーマットのテキストファイルとして作成します。第1行は点データの数(行数)と次元数(3)を表します。以降の行は1行につきひとつの点データの位置ベクトル(3次元座標)です。下の例は16個の点リストです。各行の第1カラムに **#** または **;** (セミコロン) がある場合はコメント行として扱われます。

点の対応関係はリスト内の順番で決めるので、座標変換前と変換後の点はそれぞれのファイルで同じ行位置になければなりません(コメント行は含まない)。また、点の数(有効行数)も一致しているはずです。

16 3

40. 085413533265 29. 984268223760 76. 563912158355  
51. 441082724365 30. 525117560840 104. 326409510295  
41. 958832658065 2. 966495308910 43. 906137471405  
53. 314501849165 3. 507344645990 71. 668634823345  
38. 211994408465 57. 002041138610 109. 221686845305  
26. 856325217365 56. 461191801530 81. 459189493365  
2. 271567710365 82. 397266042220 58. 591969476435  
13. 627236901465 82. 938115379300 86. 354466828375  
75. 855013164835 44. 620506872630 94. 065805210515  
64. 499343973735 44. 079657535550 66. 303307858575  
66. 372763098535 17. 061884620700 33. 645533171625  
77. 728432289635 17. 602733957780 61. 408030523565  
51. 270255657835 70. 556581113320 71. 198585193585  
62. 625924848935 71. 097430450400 98. 961082545525  
26. 685498150835 96. 492655354010 48. 331365176655  
38. 041167341935 97. 033504691090 76. 093862528595

## 5. 座標系変換行列計算プログラムの実行

`transmat` は対応する 3 次元点座標リストから座標系変換行列を計算するプログラムです。対応点リストを以下のように入力して実行します。通常はカメラ座標系の点座標リストが変換前になります。

`./transmat -i 変換前点座標リスト -j 変換後点座標リスト [-o 変換行列ファイル]`

変換行列は前項の点座標リストと同じフォーマットで出力される  $4 \times 4$  行列（回転 + 平行移動の同次行列）です。例えば以下のようになります。

4 4

0. 813797681349 -0. 440969610530 0. 378522306370 40. 000000000000  
0. 469846310393 0. 882564119259 0. 018028311236 50. 000000000000  
-0. 342020143326 0. 163175911167 0. 925416578398 60. 000000000000  
0. 000000000000 0. 000000000000 0. 000000000000 1. 000000000000

`-o` オプションを省略した場合は標準出力に変換行列が表示されます。