

次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト  
作業知能（社会・生活分野）の開発

機能仕様書  
3次元距離計測 RTC

V e r . 0 . 2 0

2 0 1 0 年 1 2 月 2 1 日

（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

## 改版履歷

[illegible]

# 目次

s

改版履歴.....	i
目次.....	ii
1. はじめに.....	1
1. 1. 本書の適用範囲 .....	1
1. 2. 関連文書 .....	1
1. 3. 本書を読むにあたって.....	1
2. 機能仕様.....	2
2. 1. 機能概要 .....	2
2. 2. モジュール構成 .....	2
2. 3. ターゲットハードウェア .....	2
3. RTC仕様 .....	3
3. 1. VVVEpbmTo3D (3次元形状計測RTC) .....	3
3. 1. 1. 機能概要 .....	3
3. 1. 2. 動作環境 .....	3
3. 1. 3. ポート情報.....	3
3. 1. 4. 入出力データフォーマット.....	4
3. 1. 5. サービスポートI/F仕様.....	5
3. 1. 6. 設定ファイル .....	6
3. 2. VVV3dDataWriter (3次元点群データ保存RTC) .....	8
3. 2. 1. 機能概要 .....	8
3. 2. 2. 動作環境 .....	8
3. 2. 3. ポート情報.....	8
3. 2. 4. コンフィグレーション .....	9
3. 2. 5. 入出力データフォーマット.....	9
3. 3. VVV3dDataTrig (3次元距離計測トリガ出力RTC) .....	10
3. 3. 1. 機能概要 .....	10
3. 3. 2. 動作環境 .....	10
3. 3. 3. ポート情報.....	10
3. 3. 4. 操作方法 .....	11

# 1. はじめに

## 1. 1. 本書の適用範囲

本書はロボット向けミドルウェア OpenRTM 上で、ステレオカメラを用いてテクスチャの相関に基づく 3 次元距離計測を行うモジュールについて記述したものである。

## 1. 2. 関連文書

本書は以下の文書と関連がある。

表 1-1 関連文書

No.	文書名	備考
1	作業対象物認識モジュール群機能仕様書	ステレオ画像取得 RTC に関する詳細情報

## 1. 3. 本書を読むにあたって

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.is.aist.go.jp/rt/OpenRTM-aist/>

## 2. 機能仕様

### 2. 1. 機能概要

本 RTC は入力されたステレオ画像を用いて、被写体の 3 次元形状を計測する。ステレオカメラから取得したステレオ画像に対して、テクスチャの相関に基づく 3 次元形状復元を行い、得られた 3 次元点群をデータポートより出力する。

### 2. 2. モジュール構成

本知能モジュールは 3 次元形状計測 RTC (VVVEpbmTo3D) のみであり、ステレオ画像データを出力するステレオ画像取得 RTC (VVVCapture) などと共に用いる (図 1)。なお、トリガを出力する VVV3dDataTrig、出力データをテキストファイルへ保存する VVV3dDataWriter の各補助モジュールも同梱されている。

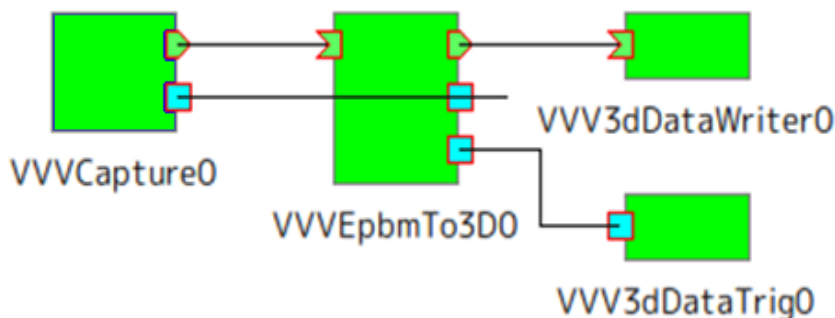


図 1 3 次元形状計測 RTC との接続例

### 2. 3. ターゲットハードウェア

本モジュールは、入力されたステレオ画像データに対して純粋に画像処理を行うものであるため、特定のハードウェアに依存しない。

## 3. RTC仕様

### 3. 1. VVVEpbmTo3D (3次元形状計測RTC)

#### 3. 1. 1. 機能概要

入力されたステレオ画像を小領域に分割し、各領域に対してテクスチャマッチングを行うことで得た視差情報から対象物体の3次元形状を復元する。

#### 3. 1. 2. 動作環境

本知能モジュールの動作環境は以下の通りである。

動作 OS	Ubuntu 10.04 LTS (x86)
開発言語	C, C++
コンパイラ	gcc-4.4.3
RT ミドルウェア／バージョン	OpenRTM-aist-1.0.0-RELEASE (C++)
依存パッケージ	なし

#### 3. 1. 3. ポート情報

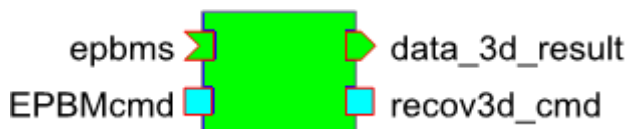


図 2 3次元形状計測 RTC

##### A) データポート (InPort)

名称	型	データ長	説明
epbms	TimedEPBM	1	ステレオ画像データ

##### B) データポート (OutPort)

名称	型	データ長	説明
data_3d_result	data_3d	1	3次元点群データ

##### C) サービスポート (Provider)

サービス名	インターフェース名	説明
recov3d_cmd	Recover3DService	3次元距離計測開始トリガ

## D) サービスポート (Consumer)

EPBMcmd: EPBMsource に接続し、認識時に画像撮影を行うためのトリガを出力する。

## 3. 1. 4. 入出力データフォーマット

EPBM.idl:

```
typedef sequence<octet> EPBMData;
struct TimedEPBM {
    RTC::Time tm;
    RTC::Time timestamp;
    EPBMData data;
};

interface EPBMSource {
    void sendEPBM();
};
```

EPBMDataはnetpbm形式<sup>1</sup>の画像データをカメラ台数分並べたバイトストリームであり、各画像のヘッダにコメントとしてキャリブレーションパラメータが埋め込まれている。

EPBM データ例 :

P5	
# PinHoleParameterH11: 8.3e+02	}
# PinHoleParameterH12: 0.0e+00	
:	
# PinHoleParameterH34: 0.0e+00	}
640 480	
255	
(画像データ)	}
P5	
#PinHoleParameterH11: 8.1e+02	
:	

キャリブレーションデータ

netpbm 形式画像データ

2 台目カメラデータの始まり

<sup>1</sup> Netpbm ホームページ : <http://netpbm.sourceforge.net/>

data\_3d.idl:

```
struct data_point {
    double  p[3];
    boolean has_color;
    octet   color[3];
};

typedef sequence<data_point> data_point_seq;

struct data_3d {
    RTC::Time tm;

    long width;
    long height;
    double  H[3][4];

    data_point_seq data;
};

interface Recover3DService {
    void send3D();
};
```

data\_3d は元画像のサイズ width×height、基準カメラの射影行列 H[3][4]。

### 3. 1. 5. サービスポートI/F仕様

- (1) Recover3DService
  - (a) void send3D()

関数名	send3D			
引数	名称	型	I/O	説明
	なし			
戻り値	値			説明
	なし			
説明	3次元距離計測の指示（トリガ）を与える。計測結果は3次元点群データとして data_3d_result より出力する。			



### 3. 1. 6. 設定ファイル

本モジュールはモジュールを実行したディレクトリと同じディレクトリにある以下の設定ファイルを参照する。

- epbmto3d\_argv.d (3次元距離計測パラメータ設定ファイル)

このファイルの内容は以下のオプション文字列をスペースまたは改行で区切って並べたものである。

パラメータ設定ファイルの例：

```
-w 5
-z 800
-Z 1300
-Pr
-FC
-Flimit
-Fspike
-Fspike-area 1000
-Fb
-FB 25
-Re
-Pd
-Pz
-half
-Ores
-Ores-dep 0.01
```

オプション文字列の解説：

- w #: ステレオマッチングに用いる局所領域のサイズ (既定値: 11 pixel)
- z #: 最小計測距離. カメラから最も近い距離の限界 (既定値: 1000 mm)
- Z #: 最大計測距離. カメラから最も遠い距離の限界 (既定値: 3000 mm)
- Pr: ステレオマッチングの前処理としてステレオ画像を平行化し,  
エピポーラ線が水平なステレオ画像に変換する. (既定値)
- Pd: 歪み補正の画像変換を有効にする (既定値: 無効)

- Pz: 画像の正規化を有効にする。(既定値: 無効)
  
- Re: サブピクセルの視差を推定する。(既定値: 無効)
  
- FC: ゆるい一対多対応チェック. 3 画素以上連続して物体表面の一意性に反するとき, それらの視差を例外値に置き換える。(既定値: 無効)
- Flimit: 探索範囲の限界値に達している視差を除去する. 指定した最も近い計測距離と, 最も計測距離の視差を例外値に置き換える。(既定値: 無効)
- Fb: 対応点が画像の外に届いてしまった視差を例外値に置き換える.  
(既定値: 無効)
- FB #: 画像の内枠の幅を設定する. この枠に対応点が届いた視差は例外値に置き換える。(既定値: 0)
- Fspike: スパイクノイズを除去する. 周りと比べて狭い面積で手前または奥へ突出している視差の領域を例外値に置き換える.  
(既定値: 無効)
- Fspike-gap #: スパイクノイズの視差の差のしきい値. 隣の画素との差がこの値より大きい画素が領域の境界として検出される。(既定値: 3)
- Fspike-area #: スパイクノイズの面積のしきい値. ディスパリティ画像内のこの値より少ない画素数の領域が処理の対象となる (既定値: 200)
  
- Orcs: 物体表面の連続性を仮定し, ステレオマッチングに拘束をかける.  
(既定値: 無効). 処理が重いので下記の **-half** を併用すること.
- Orcs-dep #: 連続性の仮定に反するような視差の段差に遭遇したとき評価値にペナルティを上乗せするための重み係数.  
調整は 0.01 から始めると良い. (既定値: 0.0)
  
- full: 入力画像をそのままの解像度で使う. (既定値)
- half: 入力画像の解像度を 1/2 にする. 一緒に **-FB** の値も半分にする事.
- quarter: 入力画像の解像度を 1/4 にする. 一緒に **-FB** の値も 1/4 にする事.

## 3. 2. VVV3dDataWriter (3次元点群データ保存RTC)

### 3. 2. 1. 機能概要

入力ポートで受け取った3次元点群を指定されたファイルに保存する。

### 3. 2. 2. 動作環境

本知能モジュールの動作環境は以下の通りである。

動作 OS	Ubuntu 10.04 LTS (x86)
開発言語	C, C++
コンパイラ	gcc-4.4.3
RT ミドルウェア / バージョン	OpenRTM-aist-1.0.0-RELEASE (C++)
依存パッケージ	なし

### 3. 2. 3. ポート情報

data\_3d\_in  

図 3 3次元点群データ保存 RTC

#### A) データポート (InPort)

名称	型	データ長	説明
data_3d_in	data_3d	1	3次元点群データ

#### B) データポート (OutPort)

名称	型	データ長	説明
なし			

#### C) サービスポート (Provider)

サービス名	インターフェース名	説明
なし		

#### D) サービスポート (Consumer)

なし。

### 3. 2. 4. コンフィグレーション

名称	型	デフォルト値	説明
data_3d_filename	std::string	object.3d	3次元点群データ保存先

### 3. 2. 5. 入出力データフォーマット

出力される3次元点群データは以下の形式となる。 $x_n$ ,  $y_n$ ,  $z_n$  は  $n$  番目の点の3次元座標を表す。 $r_n$ ,  $g_n$ ,  $b_n$  は  $n$  番目の点のそれぞれ赤, 緑, 青の輝度値を表す。シャープ記号(#)で始まる行は行末までコメントである。

```
# 元画像幅 元画像高さ
# H[0][0] H[0][1] H[0][2] H[0][3]
# H[1][0] H[1][1] H[1][2] H[1][3]
# H[2][0] H[2][1] H[2][2] H[2][3]
x1 y1 z1 r1 g1 b1
x2 y2 z2 r2 g2 b2
x3 y3 z3 ? ? ?      ← 色情報が無い場合
:
```

保存したデータファイル名がobject.3dであったとすると、例えばgnuplotコマンド<sup>2</sup>を用いて端末画面のコマンドラインより次のように入力すれば、計測された形状をディスプレイに3次元表示して確認することができる。

```
$ gnuplot
gnuplot> set datafile missing "?"
gnuplot> splot 'object.3d' using 1:2:3 with points ps 0
```

<sup>2</sup> gnuplot ホームページ: <http://www.gnuplot.info/>

### 3. 3. VVV3dDataTrig (3次元距離計測トリガ出力RTC)

#### 3. 3. 1. 機能概要

3次元距離計測 RTC に対して計測開始トリガを出力する。

#### 3. 3. 2. 動作環境

本知能モジュールの動作環境は以下の通りである。

動作 OS	Ubuntu 10.04 LTS (x86)
開発言語	C, C++
コンパイラ	gcc-4.4.3
RT ミドルウェア／バージョン	OpenRTM-aist-1.0.0-RELEASE (C++)
依存パッケージ	なし

#### 3. 3. 3. ポート情報



図 4 3次元距離計測トリガ出力 RTC

##### A) データポート (InPort)

名称	型	データ長	説明
なし			

##### B) データポート (OutPort)

名称	型	データ長	説明
なし			

##### C) サービスポート (Provider)

サービス名	インターフェース名	説明
なし		

##### D) サービスポート (Consumer)

recov3d\_cmd: 3次元距離計測 RTC の Recover3DService へ接続。

### 3. 3. 4. 操作方法

本モジュールを接続し、Active 状態にすると端末画面が Enter キー入力待ちになる。ここで Enter キーを押下することによって対象 RTC へ距離計測トリガを出力することができる。

## 特記事項

本モジュール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。

- 本モジュールは独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」内実施者向けに評価を目的として提供するものであり、商用利用など他の目的で使用することを禁じます。
- 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。
- 利用者が本モジュール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。
- 本モジュールの変更、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。
- 本モジュールの情報の変更、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】

独立行政法人 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  
河井 良浩  
email: irtsp-vvv@m.aist.go.jp