

RefHard2_ArmControllerRTC

(RefHard2 アーム制御 RTC)

最終更新日：2010/03/09

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 ヒューマノイド研究グループ

目次

1. 概説	1
2. 動作環境	2
3. 入出力ポート情報	3
3. 1. データポート	3
4. コンフィグレーションパラメータ情報	4
4. 1. コンフィグレーションパラメータの変更方法	4
4. 2. コンフィグレーションパラメータ詳細	4
5. 動作説明	8
5. 1. 動作フロー	8
5. 2. 動作詳細	13
5. 2. 1. コンストラクタ部	13
5. 2. 2. onInitialize アクション部	13
5. 2. 2. 1. コンフィグレーションパラメータのバインド処理	13
5. 2. 2. 2. モータードライバとの通信開始	13
5. 2. 2. 3. キャリブレーション	14
5. 2. 3. onActivated アクション部	15
5. 2. 3. 1. コンフィグレーションパラメータの保持	15
5. 2. 3. 2. モーターのゲイン設定	15
5. 2. 3. 3. 初期化処理	15
5. 2. 3. 4. デバッグファイルオープン	15
5. 2. 4. onExecute アクション部	16
5. 2. 4. 1. デバイス通信チェック	16
5. 2. 4. 2. アーム角度の出力	16
5. 2. 4. 3. 速度命令の送信	17
5. 2. 4. 4. デバッグファイルへの出力	17
5. 2. 5. onDeactivated アクション部	18
5. 2. 5. 1. アームの動作停止	18
5. 2. 5. 2. デバッグファイルクローズ	18
5. 2. 6. onShutdown アクション部	18
5. 2. 6. 1. アームの動作停止	18
5. 2. 6. 2. モータードライバとの通信停止	18
6. その他	19
6. 1. 注意事項	19
6. 2. 問題点	19
6. 3. 課題点	19
7. 特記事項	20
8. 改訂履歴	21

1. 概説

リファレンスハードウェア 2 号機 (RefHard2) のアーム部の速度制御を行う。

目標速度をデータポートより取得しアームの各関節角度をデータポートより出力する。

RefHard2 アーム駆動用モータードライバとの通信は “svmlib” ライブラリを使用し RS485 シリアル通信にて行う。

大まかなデータ流れのイメージを図 1-1 に記す。

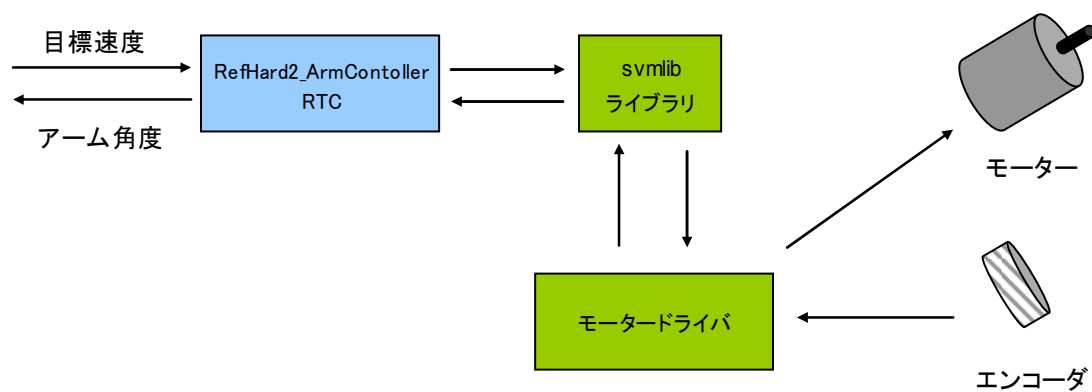


図 1-1 データ流れイメージ図

2. 動作環境

当 RTC の動作に必要な環境を表 2-1 に記す。

表 2-1 動作環境詳細表

区分	要求環境	参考
動作 OS	Ubuntu Linux 8.04 以上を推奨	バージョン 9.04 以降での動作未確認
OpenRTM	OpenRTM-aist-0.4.2-RELEASE(c++)	OpenRTM の動作に必要なパッケージを含む
シリアルポート 設定ツール	Setserial-2.17 以上	RTC 内にて使用するデバイスポートを RS485 に設定変更している。
ライブラリ	svmlib ライブラリ	本パッケージを含む
その他	RS485 対応ポート	シリアル変換 USB ケーブル等で対応可能

3. 入出力ポート情報

各入出力ポートのイメージを図 3-1 に記す。

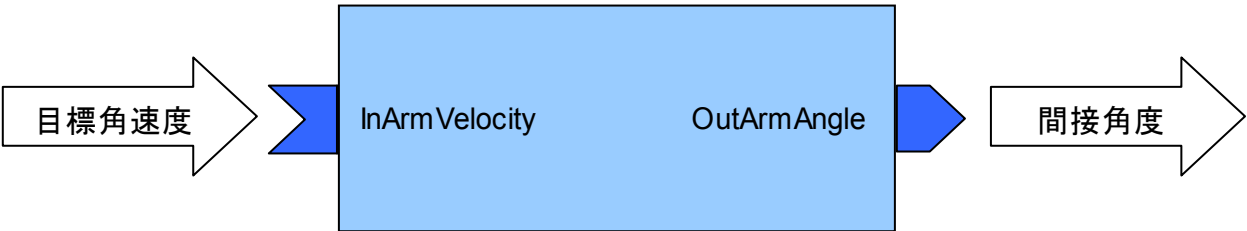


図 3-1 入出力ポートイメージ図

※上図の入出力ポート表記は、RtcBuilder での RTC 表示に順じている。

3. 1. データポート

各データポートの詳細を表 3.1-1 に記す。

表 3.1-1 データポート詳細一覧表

入出力	ポート名	データ型	説明
入力	InArmVelocity	TimedDoubleSeq	アームの各関節の目標角速度 data [0] : 1 軸目 [rad/sec] data [1] : 2 軸目 [rad/sec] data [2] : 3 軸目 [rad/sec] data [3] : 4 軸目 [rad/sec] data [4] : 5 軸目 [rad/sec] data [5] : 6 軸目 [rad/sec] data [6] : 7 軸目 [m/sec] tm : タイムスタンプ [sec, nsec] 取得するタイムスタンプは現在未使用。 アームの軸順はベース側から数える。
出力	OutArmAngle	TimedDoubleSeq	アームの各関節の角度 data [0] : 1 軸目 [rad] data [1] : 2 軸目 [rad] data [2] : 3 軸目 [rad] data [3] : 4 軸目 [rad] data [4] : 5 軸目 [rad] data [5] : 6 軸目 [rad] data [6] : 7 軸目 [m] tm : タイムスタンプ [sec, nsec] タイムスタンプには角度取得時のシステム時刻を付加。 アームの軸順はベース側から数える。

4. コンフィグレーションパラメータ情報

4. 1. コンフィグレーションパラメータの変更方法

各コンフィグレーションパラメータは以下の2つの方法で変更可能。

＜変更方法1＞

RtSystemEditor の ConfigurationView での変更。

＜変更方法2＞

同ディレクトリ内の RH2ArmControl.conf ファイルでの変更。

RTC の起動時に読み込まれ RtSystemEditor の ConfigurationView に表示される。

4. 2. コンフィグレーションパラメータ詳細

各コンフィグレーションパラメータの詳細を表 4.2-1 に記す。

表 4.2-1 コンフィグレーションパラメータ詳細一覧表

名前	データ型	単位	デフォルト値	設定範囲	反映 タイミング	説明
DeviceFileName	string	—	/dev/ttyUSB0	半角 文字列	初期化時	RS485 シリアル通信のためのデバイスファイル名。 RH2ArmControl.conf ファイルで指定した値が使用される。 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
Pgain_1	int	—	80	—	初期化時	駆動モーターの位置制御モードでの PID 制御パラメータ (P ゲイン) 最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
Pgain_2	int	—	60	—	初期化時	
Pgain_3	int	—	40	—	初期化時	
Pgain_4	int	—	40	—	初期化時	
Pgain_5	int	—	120	—	初期化時	
Pgain_6	int	—	120	—	初期化時	
Pgain_7	int	—	120	—	初期化時	
Igain_1	int	—	0	—	初期化時	駆動モーターの位置制御モードでの PID 制御パラメータ (I ゲイン)
Igain_2	int	—	0	—	初期化時	
Igain_3	int	—	0	—	初期化時	

Igain_4	int	–	0	–	初期化時	最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
Igain_5	int	–	0	–	初期化時	
Igain_6	int	–	0	–	初期化時	
Igain_7	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_1	int	–	0	–	初期化時	駆動モーターの位置制御モードでの PID 制御パラメータ (D ゲイン) 最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
Dgain_2	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_3	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_4	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_5	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_6	int	–	0	–	初期化時	
Dgain_7	int	–	0	–	初期化時	
VPgain_1	int	–	20	–	初期化時	駆動モーターの位置速度モードでの PID 制御パラメータ (P ゲイン) 最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
VPgain_2	int	–	50	–	初期化時	
VPgain_3	int	–	100	–	初期化時	
VPgain_4	int	–	150	–	初期化時	
VPgain_5	int	–	50	–	初期化時	
VPgain_6	int	–	150	–	初期化時	
VPgain_7	int	–	250	–	初期化時	
VIgain_1	int	–	0	–	初期化時	駆動モーターの位置速度モードでの PID 制御パラメータ (I ゲイン) 最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
VIgain_2	int	–	0	–	初期化時	
VIgain_3	int	–	0	–	初期化時	
VIgain_4	int	–	0	–	初期化時	
VIgain_5	int	–	0	–	初期化時	
VIgain_6	int	–	0	–	初期化時	
VIgain_7	int	–	0	–	初期化時	
VDgain_1	int	–	0	–	初期化時	駆動モーターの位置速度モードでの PID 制御パラメータ (D ゲイン) 最適値に設定済みなので通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
VDgain_2	int	–	0	–	初期化時	
VDgain_3	int	–	0	–	初期化時	
VDgain_4	int	–	0	–	初期化時	

VDgain_5	int	–	0	–	初期化時	で通常変更不要 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
VDgain_6	int	–	0	–	初期化時	
VDgain_7	int	–	0	–	初期化時	
VelocLimit_1	double	rad/sec	1.04	–	初期化時	アームの回転速度制限値 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
VelocLimit_2	double	rad/sec	0.52	–	初期化時	
VelocLimit_3	double	rad/sec	0.4	–	初期化時	
VelocLimit_4	double	rad/sec	0.88	–	初期化時	
VelocLimit_5	double	rad/sec	1.11	–	初期化時	
VelocLimit_6	double	rad/sec	2.45	–	初期化時	
VelocLimit_7	double	m/sec	0.013	–	初期化時	
AccelLimit_1	double	rad/sec ²	2.09	–	初期化時	アームの回転加速度制限値 (詳細は章 5.2.2.2 を参照)
AccelLimit_2	double	rad/sec ²	1.84	–	初期化時	
AccelLimit_3	double	rad/sec ²	2.04	–	初期化時	
AccelLimit_4	double	rad/sec ²	4.41	–	初期化時	
AccelLimit_5	double	rad/sec ²	5.57	–	初期化時	
AccelLimit_6	double	rad/sec ²	12.27	–	初期化時	
AccelLimit_7	double	m/sec ²	0.08	–	初期化時	
GearRatio_1	double	–	300.0	–	初期化時	駆動モーターからアーム軸までのギア比 通常変更不要
GearRatio_2	double	–	333.0	–	初期化時	
GearRatio_3	double	–	300.0	–	初期化時	
GearRatio_4	double	–	360.0	–	初期化時	
GearRatio_5	double	–	300.0	–	初期化時	
GearRatio_6	double	–	100.0	–	初期化時	
GearRatio_7	double	–	4.4	–	初期化時	
EncoderCount_1	int	–	1000	–	初期化時	駆動モーター1回転のエンコーダカウント値 通常変更不要
EncoderCount_2	int	–	1024	–	初期化時	
EncoderCount_3	int	–	1024	–	初期化時	
EncoderCount_4	int	–	512	–	初期化時	
EncoderCount_5	int	–	512	–	初期化時	

EncoderCount_6	int	-	512	-	初期化時
EncoderCount_7	int	-	512	-	初期化時

注) OpenRTM-0.4.2 では、コンフィグレーションパラメータは常時変更可能だが、変更を反映するタイミングを **RTC** 内部で2種類設けており、コンフィグレーションパラメータの変更が反映されるのは、上表内に記述のタイミング時のみである。

5. 動作説明

5. 1. 動作フロー

当 RTC の動作フローを以下に記す。

(1) 当 RTC 全体の状態遷移の流れ

当 RTC では、OpenRTM で用意されている各 RTC アクションの内、以下の 5 つを使用している。

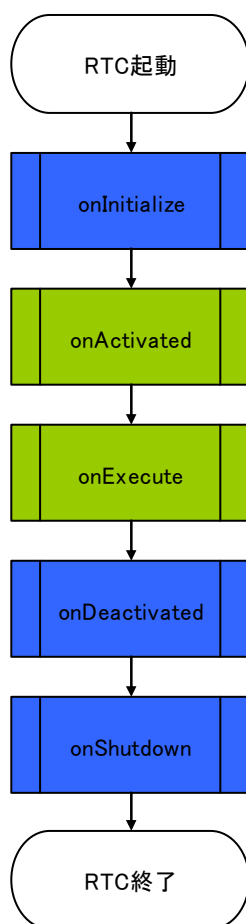


図 5. 1-1 RTC 全体の状態遷移の流れ

※上図の配色は、RtSystemEditor での RTC 表示色に順じている。

(2) onInitialize アクション内での動作フロー

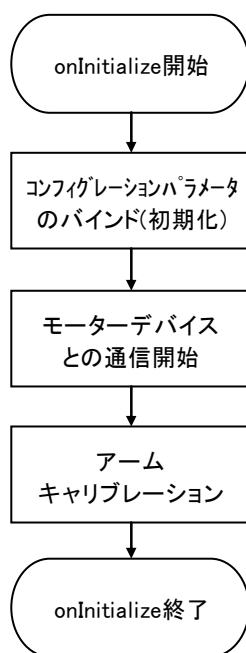


図 5.1-2 onInitialize 動作フロー図

(3) onActivated アクション内での動作フロー

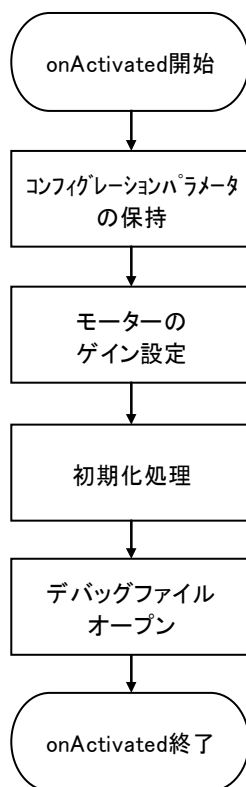


図 5.1-3 onActivated 動作フロー図

(4) onExecute アクション内での動作フロー

以下、「メイン処理部」「アーム角度出力部」「速度命令送信部」の3つに分けて動作フローを示す。

(4-1) メイン処理の流れ

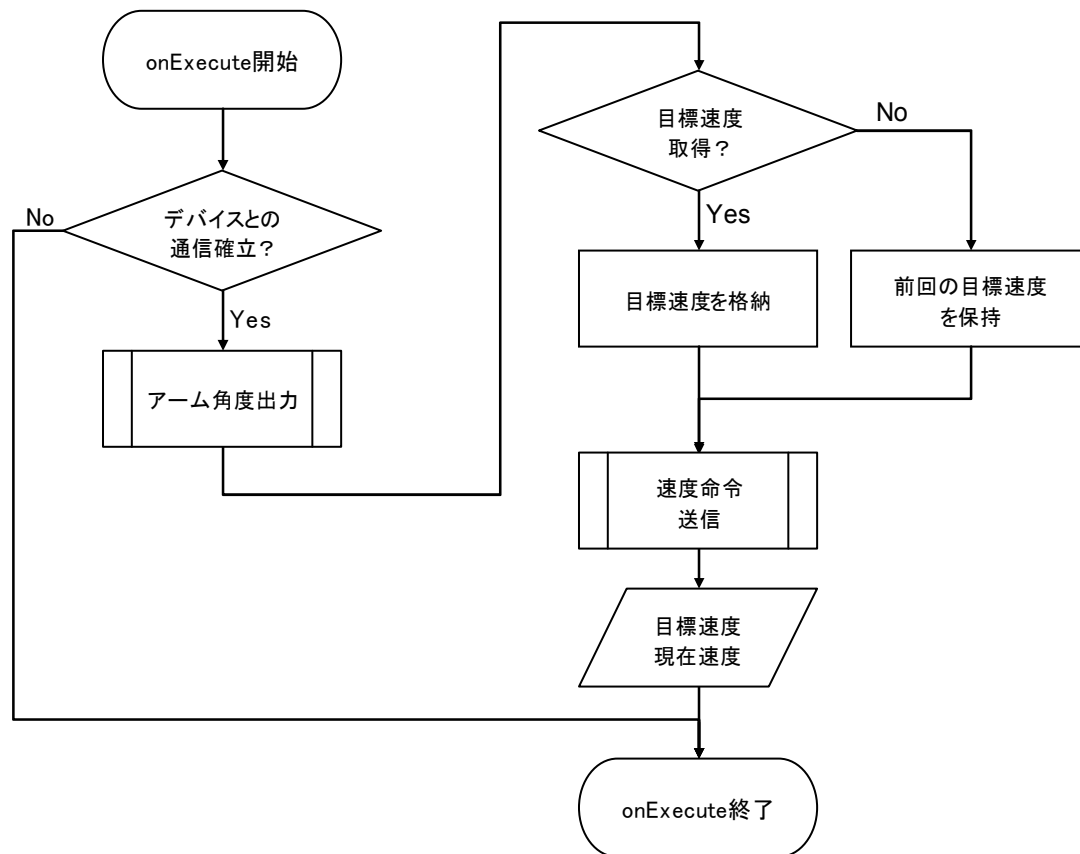


図 5.1-4 メイン処理動作フロー図

(4-2) アーム角度出力部の流れ

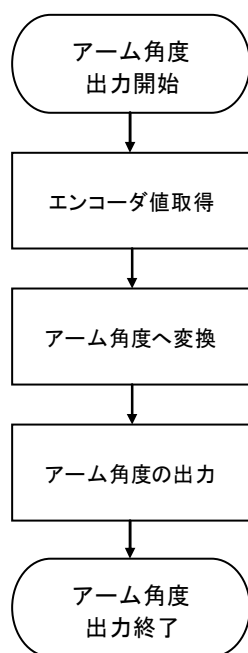


図 5.1-5 アーム角度出力部動作フロー図

(4-3) 速度命令送信部の流れ

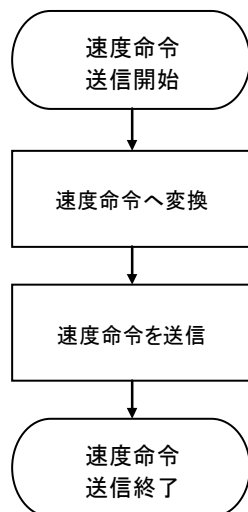


図 5.1-6 速度命令送信部動作フロー図

(5) onDeactivated アクション内での動作フロー

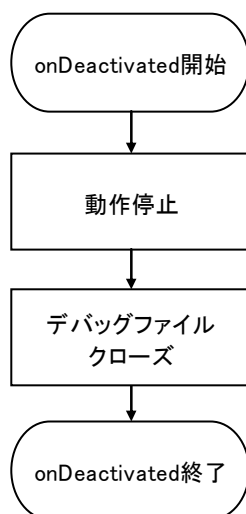


図 5.1-7 onDeactivated 動作フロー図

(6) onShutdown アクション内での動作フロー

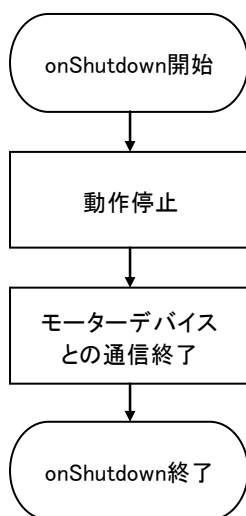


図 5.1-8 onShutdown 動作フロー図

5. 2. 動作詳細

当 RTC 内部で行っている主な処理内容を以下に記す。

5. 2. 1. コンストラクタ部

コンストラクタ部では、以下の3つの処理を行う。

(1) 各 DataPort や ServicePort の設定 (RTM 共通)

OpenRTM 共通項目で、ソース雛形を generate する際に自動作成されている。

(2) CallBack の設定

CallBack がソース内で有効になっている場合(デフォルトは無効)、指定した InPort のバッファにデータが入力されるイベントが発生した時に、レスポンスを得られるようにセットしている。

5. 2. 2. onInitialize アクション部

onInitialize 部では、以下の3つの処理を行う。

5. 2. 2. 1. コンフィグレーションパラメータのバインド処理

onInitialize 部では、主として、コンフィグレーションパラメータのデフォルト値のバインディング処理を行う。これは OpenRTM 共通項目で、ソース雛形を generate する際に自動作成されている。

5. 2. 2. 2. モータードライバとの通信開始

モータードライバとの通信開始行程を以下に記す。

(1) 「通信デバイスファイル名の取得」

同ディレクトリ内の RH1ArmControl.conf ファイルを読み込み、“DeviceFileName “に設定されているデバイスファイル名を取得。

(2) 「RS485 設定」

取得したデバイスファイルで RS485 通信が行えるよう “Setserial” を用いて通信デバイスの設定を行う。

(3) 「モータードライバとの通信開始」

以下のライブラリファンクションを用いてモータードライバとの通信を開始する。

svm_open()

5. 2. 2. 3. キャリブレーション

アームのキャリブレーションについての説明を以下に記す。

アームのキャリブレーションは以下の 3 行程で行われる。

各行程にてアーム各軸を当て止めまで動作させエンコーダ位置のリセットを行う。

<行程 1>

5 軸目、7 軸目

<行程 2>

1 軸目、4 軸目、6 軸目

<行程 3>

2 軸目、3 軸目

※アームの軸順はベース側から数える。

※現在 7 軸目 (ハンド部) のキャリブレーションはベクトルセンサーが搭載されていない機体を想定している。

5. 2. 3. onActivated アクション部

onActivated 部では、以下の4つの処理を行う。

5. 2. 3. 1. コンフィグレーションパラメータの保持

4章の表4.2-1にて反映タイミングが「初期化時」とあるコンフィグレーションパラメータについて、内部の別変数に格納し onExecute 内ではそれらを使用する。したがって、当該コンフィグレーションパラメータが ACTIVE 時に変更されても、その変更は即座には有効とはならず、再度 ACTIVE→INACTIVE→ACTIVE と遷移してはじめて有効となる。

5. 2. 3. 2. モーターのゲイン設定

コンフィグレーションパラメータに設定された各 PID 制御ゲイン、速度制限値をモータードライバへ送信。

以下のライブラリファンクションを用いて各設定値の送信を行う。

```
svm_set_config()
```

```
svm_set_param()
```

5. 2. 3. 3. 初期化処理

(1) 「アーム角度の初期化」

データポートより出力するアーム角度を“ゼロ”に初期化。

(2) 「目標速度の初期化」

データポートより取得する目標速度を“ゼロ”に初期化。

5. 2. 3. 4. デバッグファイルオープン

ソース内でデバッグモードが指定されている時に、デバッグ出力用のファイルオープン処理を行う。

5. 2. 4. onExecute アクション部

onExecute 部で行っている主な処理内容を以下に記す。

5. 2. 4. 1. デバイス通信チェック

アーム駆動用モータードライバとの通信が確立しているかをチェックし、通信が行えない状態にある場合は、以降の処理を行わず onExecute を終了する。

5. 2. 4. 2. アーム角度の出力

モータードライバよりエンコーダ値を取得し、アーム角度へ変換しデータポートより出力する。各行程の詳細を以下に記す。

(1) 「エンコーダ値の取得」

以下のライブラリファンクションを用いてエンコーダ値を取得。

`svm_get_posit()`

(2) 「エンコーダ値からアーム各関節回転角度へ変換」

<ハンド部>

$$\text{アーム角度(7 軸)} = \frac{\text{エンコーダ値(7 軸)}}{\text{EncoderCount}_7 / 0.002\text{m} \times \text{GearRatio}_7}$$

<ハンド部以外>

$$\text{アーム角度(1~6 軸)} = \frac{\text{エンコーダ値(1~6 軸)}}{\text{EncoderCount}_-(1\sim6) / 2\pi \times \text{GearRatio}_-(1\sim6)}$$

※上式の“0.002m”は、アームのハンド部(7 軸目)を開閉する回転軸が 1 回転することで、ハンド部が“0.002m”動作するため。

(3) 「車輪回転角度の出力」

出力するアーム角度のタイムスタンプに、エンコーダ値取得時のシステム時刻を付加しデータポートより出力を行う。

5. 2. 4. 3. 速度命令の送信

データポートより取得した目標速度を RefHard2 アーム駆動用モーターの速度命令へ変換しモータードライバへ送信する。

各行程の詳細を以下に記す。

(1) 「目標速度からモーターの速度命令へ変換」

<ハンド部>

$$\text{速度命令(7 軸)} = \text{目標速度(7 軸)} / \frac{0.002\text{m}}{\text{EncoderCount}_7 \times 0.01\text{sec} \times \text{GearRatio}_7}$$

<ハンド部以外>

$$\text{速度命令(7 軸)} = \text{目標速度(1~6 軸)} / \frac{2\pi}{\text{EncoderCount}_{(1\sim6)} \times 0.01\text{sec} \times \text{GearRatio}_{(1\sim6)}}$$

※上式の“0.01sec”は、速度命令を0.01秒間のエンコーダ移動量で指定するため。

※上式の“0.002m”は、アームのハンド部(7軸目)を開閉する回転軸が1回転することで、ハンド部が“0.002m”動作するため。

(4) 「速度命令値の送信」

以下のライブラリファンクションを用いてモーターに速度命令を送信する。

`svm_set_veloc()`

5. 2. 4. 4. デバッグファイルへの出力

ソース内でデバッグモードが指定されている際に、以下、3項のデータをデバッグ用ファイルへ出力する。

(1) エンコーダ値取得時のシステム時刻

章 5.2.4.2-(3)にて出力する時刻。

(2) 目標アーム速度

章 5.2.4.3 で取得した目標速度。

(3) 現在のアーム速度

章 5.2.4.2 にて生成したアーム角度より、現在のアーム速度を算出。

5. 2. 5. onDeactivated アクション部

5. 2. 5. 1. アームの動作停止

以下のライブラリファンクションを用いてモーターに“ゼロ”の速度命令を送信する。

```
svm_set_veloc()
```

5. 2. 5. 2. デバッグファイルクローズ

ソース内でデバッグモードが指定されている時に、開かれているデバッグ用のファイルのクローズ処理を行う。

5. 2. 6. onShutdown アクション部

5. 2. 6. 1. アームの動作停止

章 5.2.5.1 と同様の処理を行う。

5. 2. 6. 2. モータードライバとの通信停止

以下のライブラリファンクションを用いてモータードライバとの通信を停止する。

```
svm_close()
```

6. その他

当 RTC 使用上における注意点や問題点、今後の課題点を以下に記す。

6. 1. 注意事項

- (1) RefHard2 のアーム部を動作させる際は、周囲の安全確認を行う。
- (2) RefHard2 の非常停止ボタンを即座に押せる体勢で当 RTC の起動を行う。
- (3) 当 RTC を起動する際はアームの電源を再度入れなおすこと。
尚、電源を入れてから RTC を起動するまでアーム部を手動で動かさないこと。
- (3) 当 RTC 起動時にアームのキャリブレーションが行われるため、周囲の安全確認を行う。

6. 2. 問題点

- (1) T. B. D

6. 3. 課題点

- (1) T. B. D

7. 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お客様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 ヒューマノイド研究グループ
〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第 2
Tel : 029-861-5986 E-Mail : n.kita@aist.go.jp

8. 改訂履歴

日付	内容
09/12/09	新規作成。
09/12/25	各ポートの図を追加。(章3)
10/03/09	4, 5 軸のギア比を修正。P ゲイン値の調整。ハンド部のキャリブレーションを追加。 ハンド部の動作方向を変更。