

# 永久磁石同期モータの 120 度通電制御 - ホールセンサ速度制御 RL78/G14 実装編

R01AN4028JJ0100  
Rev.1.00  
2017.10.02

## 要旨

本アプリケーションノートは RL78/G14 マイクロコントローラを使用し、永久磁石同期モータをホールセンサ利用 120 度通電方式で駆動するサンプルプログラムについて説明することを目的としています。

本制御プログラムはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。本制御プログラムを使用する場合、適切な環境で十分な評価をした上で御使用ください。

## 動作確認デバイス

本制御プログラムの動作確認は以下のデバイスで行っております。

- RL78/G14 (R5F104LEAFB)

## 対象プログラム

本アプリケーションノートの対象制御プログラムを下記に示します。

- ① RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_CSP\_CA\_V100 (IDE : CS+ for CA,CX)
- ② RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_CSP\_CC\_V100 (IDE : CS+ for CC)
- ③ RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_E2S\_CC\_V100 (IDE : e<sup>2</sup>studio)

24V Motor Control Evaluation System & RL78/G14 CPU カード向け

RL78/G14 ホールセンサ利用 120 度通電制御プログラム

## 参考資料

- RL78/G14 ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH0186JJ0330)
- 永久磁石同期モータの 120 度通電制御 (アルゴリズム編) (R01AN2657JJ0120)
- Renesas Motor Workbench V.1.00 ユーザーズマニュアル(R21UZ0004JJ0100)
- Renesas Solution Starter Kit 24V Motor Control Evaluation System for RX23T (Motor RSSK) 取扱説明書 (R20UT3697JJ0110)
- RL78/G14 CPU カード 取扱説明書 (R12UZ0023JJ0100)

目次

|  |    |
|--|----|
| 1. 概説 .....                                    | 3  |
| 2. システム概要 .....                                | 4  |
| 3. 制御プログラム仕様 .....                             | 10 |
| 4. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」 ..... | 41 |

## 1. 概説

本書では、RL78/G14 マイクロコントローラを使用した永久磁石同期モータ (PMSM) のホールセンサ利用 120 度通電制御プログラムの実装方法について説明します。なお、この制御プログラムは「永久磁石同期モータの 120 度通電制御(アルゴリズム編)」のアルゴリズムを使用しています。

### 1.1 開発環境

本アプリケーションノート対象制御プログラムの開発環境を表 1-1、表 1-2 に示します。

表 1-1 開発環境(H/W)

| マイコン                      | 評価ボード   | モータ                           |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| RL78/G14<br>(R5F104LEAFB) | 24V 系インバータボード <sup>注1</sup><br>RL78/G14 CPU カード <sup>注2</sup> | TG-55L-KA <sup>(Note 3)</sup> |

表 1-2 開発環境(S/W)

| CS+バージョン | ツールチェーン             |
|----------|---------------------|
| V4.00.01 | CA78K0R V5.00.00.03 |
| V6.00.00 | CC-RL V1.04.00.00   |

| e <sup>2</sup> studio バージョン | ツールチェーン           |
|-----------------------------|-------------------|
| 5.4.0.018                   | CC-RL V1.04.00.00 |

ご購入、技術サポートにつきましては、弊社営業及び特約店にお問い合わせ下さい。

【注】 1. 24V 系インバータボード(RTK0EM0001B01202BJ)は、ルネサスエレクトロニクス株式会社の製品です。

2. RL78/G14 CPU カード(RTK0EML130C06000BJ)は、ルネサスエレクトロニクス株式会社の製品です。

3. TG-55L-KA は、ツカサ電工株式会社の製品です。

ツカサ電工株式会社(<http://www.tsukasa-d.co.jp/>)

## 2. システム概要

本システムの概要を以下に説明します。

### 2.1 ハードウェア構成

ハードウェア構成を次に示します。

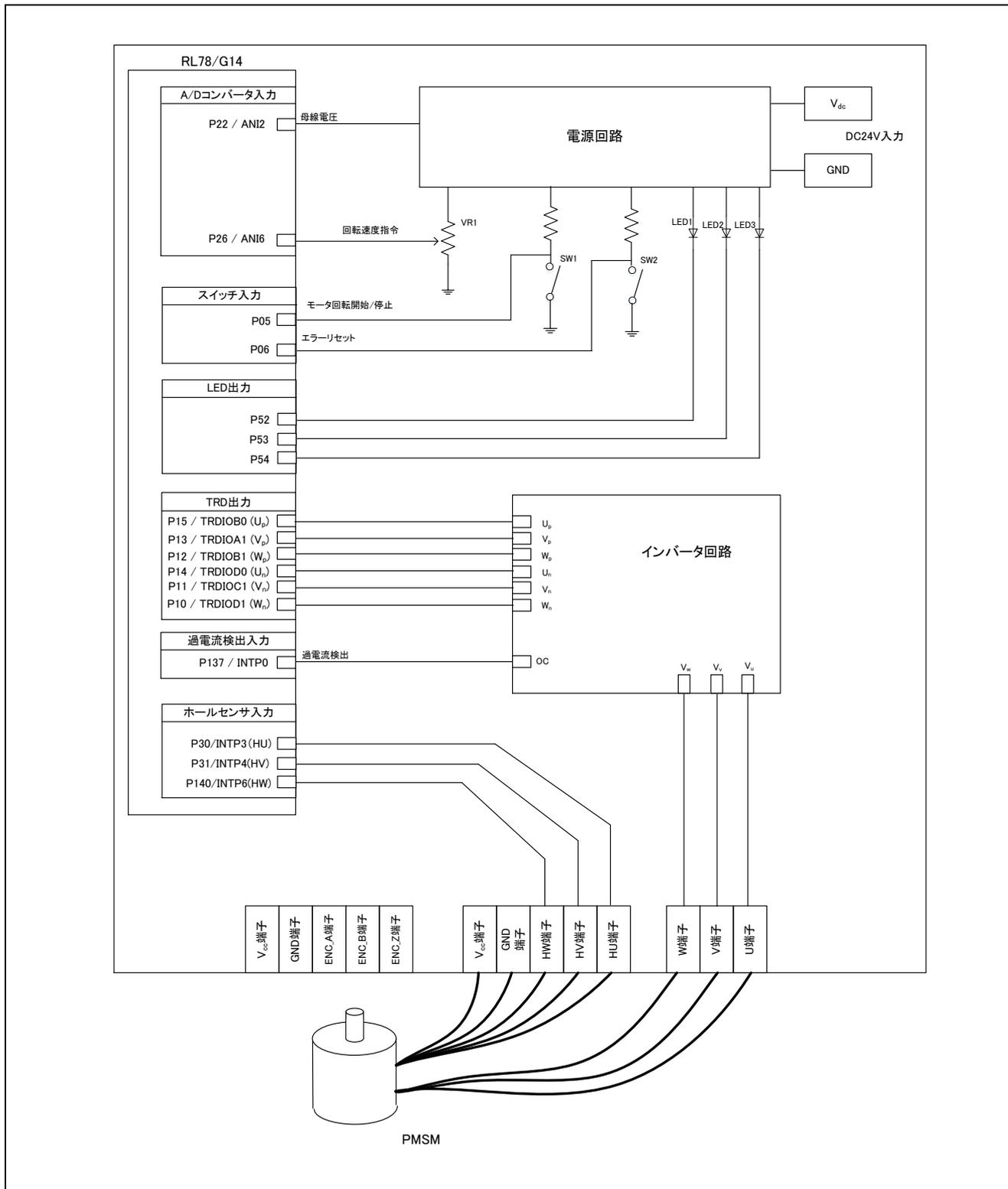


図 2-1 ハードウェア構成図

## 2.2 ハードウェア仕様

### 2.2.1 ユーザインタフェース

本システムのユーザインタフェース一覧を表 2-1 に示します。

表 2-1 ユーザインタフェース

| 項目            | インタフェース部品         | 機能  |
|---------------|-------------------|---|
| 回転速度          | 可変抵抗 (VR1)        | 回転速度指令値入力 (アナログ値)   |
| START / STOP  | トグルスイッチ (SW1)     | モータ回転開始 / 停止指令  |
| ERROR / RESET | トグルスイッチ (SW2)     | エラー状態からの復帰指令  |
| LED1          | 黄緑色 LED           | <ul style="list-style-type: none"> <li>モータ回転時：点灯</li> <li>停止時：消灯</li> </ul>   |
| LED2          | 黄緑色 LED           | <ul style="list-style-type: none"> <li>エラー検出時：点灯</li> <li>通常動作時：消灯</li> </ul> |
| RESET         | プッシュスイッチ (RESET1) | システムリセット  |

本システムでの RL78/G14 マイクロコントローラ端子のインタフェース一覧を表 2-2 に示します。

表 2-2 端子インタフェース

| R5F104LEAFB 端子名 | 機能                       |
|-----------------|--------------------------|
| P22 / ANI2      | インバータ母線電圧測定              |
| P26 / ANI6      | 回転速度指令値入力用 (アナログ値)       |
| P05             | START/STOP トグルスイッチ       |
| P06             | ERROR/RESET トグルスイッチ      |
| P52             | LED1 点灯 / 消灯制御           |
| P53             | LED2 点灯 / 消灯制御           |
| P54             | LED3 点灯 / 消灯制御           |
| P30 / INTP3     | ホールセンサ入力 (HU)            |
| P31 / INTP4     | ホールセンサ入力 (HV)            |
| P140 / INTP6    | ホールセンサ入力 (HW)            |
| P10 / TRDIOD1   | ポート出力 / PWM 出力 ( $W_n$ ) |
| P11 / TRDIOC1   | ポート出力 / PWM 出力 ( $V_n$ ) |
| P12 / TRDIQB1   | ポート出力 / PWM 出力 ( $W_p$ ) |
| P13 / TRDIOA1   | ポート出力 / PWM 出力 ( $V_p$ ) |
| P14 / TRDIOD0   | ポート出力 / PWM 出力 ( $U_n$ ) |
| P15 / TRDIQB0   | ポート出力 / PWM 出力 ( $U_p$ ) |
| P137 / INTP0    | 過電流検出時の PWM 緊急停止入力       |

## 2.2.2 周辺機能

本システムに使用する周辺機能一覧を表 2-3 に示します。

表 2-3 周辺機能対応表

| 周辺機能                       | 用途  |
|----------------------------|---|
| A/D コンバータ                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 回転速度指令値入力</li> <li>・ インバータ母線電圧測定</li> </ul>                      |
| タイマ・アレイ・ユニット (TAU)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 [ms] 周期インターバルタイマ</li> <li>・ 回転速度計測用フリーランカウンタ</li> </ul>        |
| タイマ RD (TRD)               | 相補 PWM モード使用の PWM 出力  |
| 外部割り込み (INTP3,INTP4,INTP6) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ホールセンサ信号入力 (位置検出)</li> <li>・ ホールセンサ読み出しと外部割り込み (両エッジ)</li> </ul> |
| 外部割り込み (INTP0)             | 過電流検出   |

### (1) A/D コンバータ

回転速度指令値入力、インバータ母線電圧(Vdc)を「A/D コンバータ」を使用して測定します。

A/D 変換はチャンネル選択モードを「セレクト・モード」に、変換動作モードを「ワンショット変換モード」で測定します。(ソフトウェアトリガを使用)

### (2) タイマ・アレイ・ユニット (TAU)

#### a. 1 [ms] 周期インターバルタイマ

タイマ・アレイ・ユニットのチャンネル 0 を、1 [ms] インターバルタイマとして使用します。

#### b. 速度計測用フリーランタイマ

タイマ・アレイ・ユニットのチャンネル 1 を、回転速度計測用フリーランカウンタとして使用します。ただし、割り込み機能は使用しません。

### (3) タイマ RD (TRD)

相補 PWM モードを使用して、デッドタイム付き(相補)出力、もしくはデッドタイムなし(非相補)出力 (“High”アクティブ)を行います。また、パルス出力強制遮断機能を用いて、過電流検出時は PWM 出力端子をハイインピーダンス出力とします。

### (4) 外部割り込み (INTP3、INTP4、INTP6)

モータの磁極位置検出信号(ホールセンサ出力信号)を入力します。

両エッジ割り込みモードを使用し、回転速度計測、通電パターン変更、ホールセンサ信号取り込み(位置情報検出)を行います。

### (5) 外部割り込み (INTP0)

外部回路による過電流検出を行います。

## 2.3 ソフトウェア構成

### 2.3.1 ソフトウェア・ファイル構成

本制御プログラムのフォルダとファイル構成を表 2-4 に記します。

表 2-4 フォルダとファイル構成

| プロジェクト   | フォルダ              | ファイル                                      | 説明                                       |
|--|-------------------|---|--|
| ① RL78G14_MRSSK_SPM_HALL_120_CSP_CA_V100<br>② RL78G14_MRSSK_SPM_HALL_120_CSP_CC_V100<br>③ RL78G14_MRSSK_SPM_HALL_120_E2S_CC_V100 | inc               | main.h                                    | メイン関数、ユーザインタフェース制御関連定義                   |
|  |                   | mtr_common.h                              | 共通定義                                     |
|  |                   | mtr_ctrl_mrssk.h                          | ボード依存処理関連定義                              |
|  |                   | mtr_ctrl_rl78g14.h                        | RL78/G14依存処理関連定義                         |
|  |                   | mtr_spm_hall_120.h                        | ホール120度通電制御関連定義                          |
|  |                   | control_parameter.h                       | 制御パラメータ関連定義                              |
|  |                   | motor_parameter.h                         | モータパラメータ関連定義                             |
|  |                   | mtr_ctrl_rl78g14_mrssk.h                  | ボード & RL78/G14依存処理関連定義                   |
|  |                   | mtr_feedback.h                            | フィードバック制御関連定義                            |
|  |                   | mtr_gmc.h                                 | モータ制御機能関連定義                              |
|  |                   | mtr_driver_access.h                       | ドライバアクセス機能関連定義                           |
|  |                   | mtr_filter.h                              | フィルタ処理関連定義 (未使用)                         |
|  |                   | ics                                       | lcs2_RL78G14_LE.lib                      |
|  | lcs2_RL78G14_Lx.h |   | GUI通信用関連定義                               |
|  | RL78_vector.c     |   | GUI通信用割り込み処理                             |
|  | prj               | RL78G14_MRSSK_SPM_HALL_120_CSP_CA_V100.dr | リンクディレクティブファイル <sup>注1</sup>             |
|  | lib               | R_dsp_rl78_CA.lib                         | 演算処理ライブラリ<br>CAツールチェーン用 <sup>注2</sup>    |
|  |                   | R_dsp_rl78_CC.lib                         | 演算処理ライブラリ<br>CC-RLツールチェーン用 <sup>注2</sup> |
|  | src               | main.c                                    | メイン関数、ユーザインタフェース制御                       |
|  |                   | mtr_ctrl_mrssk.c                          | ボード依存処理                                  |
| mtr_ctrl_rl78g14.c   |                   | RL78/G14依存処理                              |  |
| mtr_interrupt.c  |                   | 割り込みハンドラ                                  |  |
| mtr_spm_hall_120.c   |                   | ホール120度通電制御                               |  |
| mtr_ctrl_rl78g14_mrssk.c   |                   | ボード & RL78/G14依存処理                        |  |
| mtr_feedback.c   |                   | フィードバック制御                                 |  |
| mtr_gmc.c  |                   | モータ制御機能                                   |  |
| mtr_driver_access.c  |                   | ドライバアクセス機能                                |  |
| mtr_filter.c   |                   | フィルタ処理 (未使用)                              |  |

【注】 1. リンクディレクティブファイルは RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_CSP\_CA\_V100 のみに含まれます。

2. R\_dsp\_rl78\_CA.lib は RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_CSP\_CA\_V100 のみに含まれます。  
R\_dsp\_rl78\_CC.lib は RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_CSP\_CC\_V100 と RL78G14\_MRSSK\_SPM\_HALL\_120\_E2S\_CC\_V100 に含まれます。

### 2.3.2 モジュール構成

本制御のモジュール構成を図 2-2、表 2-5 に示します。

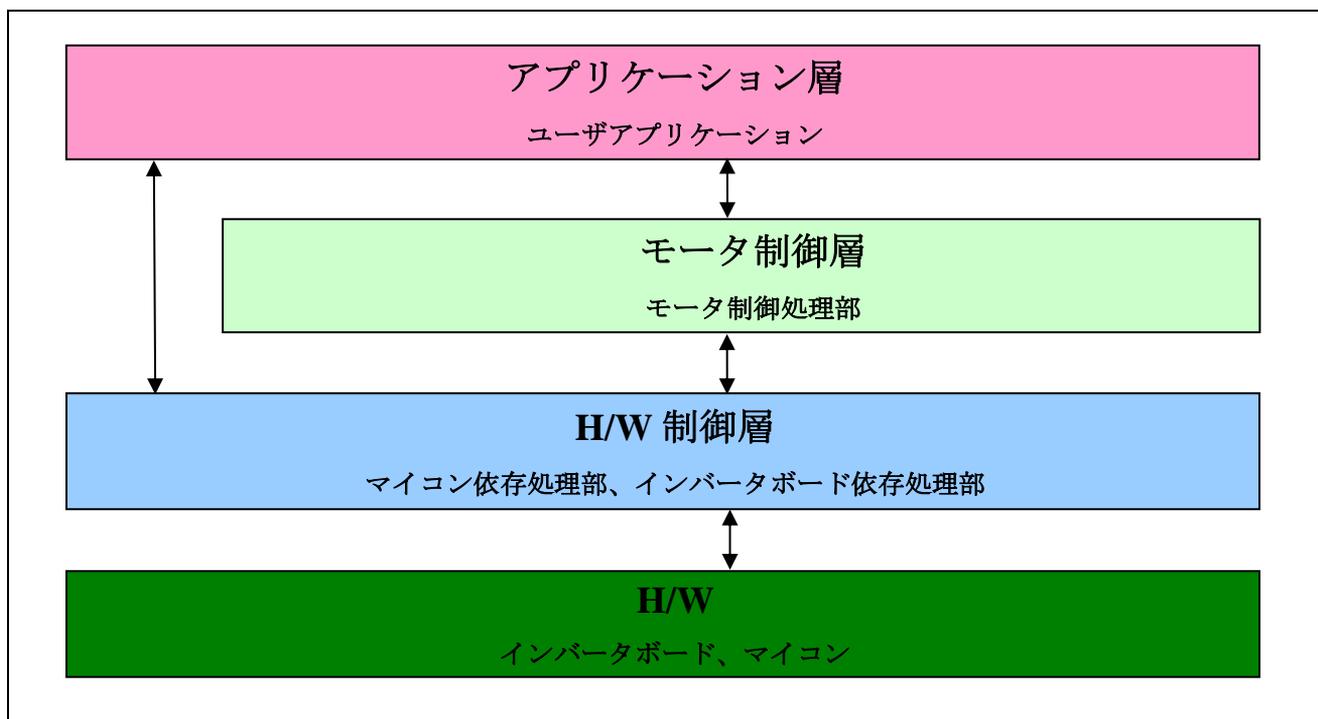


図 2-2 モジュール構成

表 2-5 モジュール構成

| 階 層       | ファイル名  |
|-----------|--|
| アプリケーション層 | main.c   |
| モータ制御層    | mtr_spm_hall_120.c<br>mtr_feedback.c<br>mtr_gmc.c<br>mtr_driver_access.c<br>mtr_interrupt.c <sup>注</sup><br>mtr_filter.c |
| H/W 制御層   | mtr_ctrl_rl78g14_mrssh.c<br>mtr_ctrl_rl78g14.c<br>mtr_ctrl_mrssh.c<br>mtr_interrupt.c <sup>注</sup>                       |

【注】 “mtr\_interrupt.c”は、モータ制御層、H/W 層に関わる処理を行っています。

## 2.4 ソフトウェア仕様

本システムのソフトウェアの基本仕様を下記に示します。120 度通電制御の詳細に関しては「永久磁石同期モータの 120 度通電制御(アルゴリズム編)」を参照してください。

表 2-6 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフトウェア基本仕様

| 項目            | 内容  |                               |
|---------------|---|-------------------------------|
| 制御方式          | 120 度通電方式 (前半 60 度チョッピング 相補/非相補)  |                               |
| モータ回転開始 / 停止  | SW1(P05)のレベルにより判定("Low": 回転開始 "High": 停止)<br>またはモータ制御開発支援ツールから入力 <sup>注</sup>   |                               |
| 回転子磁極位置検出     | ホールセンサによる位置検出 (60 度毎)   |                               |
| 入力電圧          | DC24 [V]  |                               |
| メインクロック周波数    | CPU クロック : f <sub>CLK</sub> 32 [MHz]<br>TRD クロック : f <sub>HOCO</sub> 64 [MHz]   |                               |
| キャリア周波数 (PWM) | 20 [kHz]  |                               |
| デッドタイム        | 2 [μs]  |                               |
| 制御周期          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ホールセンサ割り込みのタイミングでパターン切り替えを行う</li> <li>・パターン切り替え時、PWM デューティ設定と通電パターンの決定を行う</li> <li>・速度 PI 制御は 1 [ms] 毎</li> </ul>   |                               |
| 回転速度制御範囲      | 550 [rpm] ~ 2650 [rpm]<br>CW / CCW 対応   |                               |
| 最適化設定         | CA  | 標準な最適化                        |
|               | CC-RL   | 既定の最適化を行う(デフォルト設定)            |
| ROM / RAM サイズ | CA  | ROM : 9.09 KB / RAM : 0.51 KB |
|               | CC-RL   | ROM : 8.20 KB / RAM : 0.52 KB |
| 保護停止処理        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・以下のいずれかの条件の時モータ制御信号出力(6本)を非アクティブにする <ol style="list-style-type: none"> <li>1. インバータ母線電圧が 28 [V] を超過 (1 [ms] 毎に監視)</li> <li>2. インバータ母線電圧が 15 [V] 未満 (1 [ms] 毎に監視)</li> <li>3. 回転速度が 3500 [rpm] を超過 (1 [ms] 毎に監視)</li> <li>4. モータ駆動時、ホールセンサ割り込みが 500 [ms]間未発生</li> <li>5. ホールセンサパターン(位置情報)の異常検出</li> </ol> </li> <li>・外部からの過電流検出信号(INTPO 端子にローレベル入力)を検出した場合、PWM 出力端子をハイインピーダンスにする。</li> </ul> |                               |

【注】 詳細に関しては“4. モータ制御開発支援ツール「Motor RSSK Support Tool」”を参照して下さい。

### 3. 制御プログラム仕様

本アプリケーションノートの対象制御プログラムについて説明します。

#### 3.1 制御内容

##### 3.1.1 モータ始動 / 停止

モータの起動と停止は、モータ制御開発支援ツールからの入力または SW1 と VR1 の入力によって制御します。

SW1 には汎用ポートを割り当て、メインループ内で端子入力を確認します。"Low"レベルの時スタートスイッチが押されていると判断し、逆に"High"レベルの時はモータ停止と判断します。

また、VR1 にはアナログ入力端子が割り当てられ、その入力値をメインループ内で監視、回転速度指令値を作成します。回転指令値が 550 [rpm]未満の時はモータ停止と判断します。

##### 3.1.2 A/D 変換

###### (1) モータ回転速度指令値

モータの回転速度指令値は VR1 の出力値(アナログ値)を A/D 変換することによって決定します。A/D 変換された VR1 の値は、以下の表のように回転速度指令値として使用します。

ここでの指令値の最大値は、A/D コンバータの分解能で最大回転数が得られる値に設定しています。

表 3-1 回転速度指令値の変換比

| 項目      | 変換比 (指令値 : A/D 変換値) |                                     | チャンネル |
|---------|---------------------|-------------------------------------|-------|
| 回転速度指令値 | CW                  | 0 [rpm] ~ 3072 [rpm] : 0200H~03FFH  | ANI6  |
|         | CCW                 | -3072 [rpm] ~ 0 [rpm] : 0000H~01FFH |       |

###### (2) インバータ母線電圧

下記のようにインバータ母線電圧を測定します。変調率の算出と過電圧・低電圧検出(異常時は PWM 停止)に使用します。

表 3-2 インバータ母線電圧の変換比

| 項目        | 変換比 (インバータ母線電圧 : A/D 変換値)  | チャンネル |
|-----------|----------------------------|-------|
| インバータ母線電圧 | 0 [V]~111[V] : 0000H~03FFH | ANI2  |

A/D 変換特性の詳細に関しては「RL78/G14 ユーザーズマニュアル ハードウェア編」を参照してください。

3.1.3 速度制御

本システムでのモータ回転速度は、タイマ・アレイ・ユニット(TAU)のチャンネル 1 をフリーランニングさせ、ホールセンサ信号割込み発生時にタイマ値を取り込み、 $2\pi$  [rad] 前の取り込み値との差分から演算します。

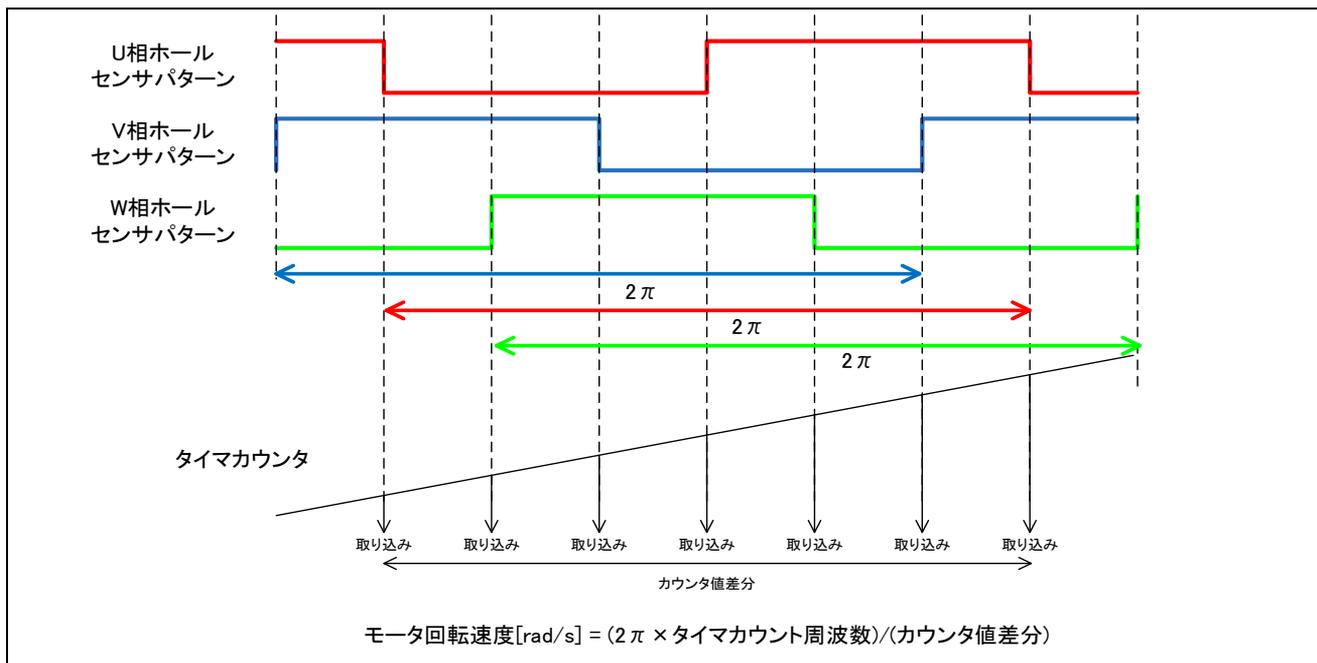


図 3-1 モータ回転速度の演算方法

本アプリケーションノート対象ソフトでの速度制御は、PI 制御によって行います。下記の速度 PI 制御によって電圧指令値を得ます。

$$v^* = \left( K_{P\omega} + \frac{K_{I\omega}}{S} \right) (\omega^* - \omega)$$

$v^*$  : 電圧指令値       $\omega^*$  : 速度指令値       $\omega$  : 回転速度  
 $K_{P\omega}$  : 速度 PI 比例ゲイン       $K_{I\omega}$  : 速度 PI 積分ゲイン       $S$  : ラプラス演算子

PI 制御の詳細については、専門書を参照してください。

### 3.1.4 PWM による電圧制御

出力電圧の制御には PWM 制御を使用しています。PWM 制御とは、図 3-2 のようにパルスのデューティを変化させることで平均電圧を調整していく制御方式です。

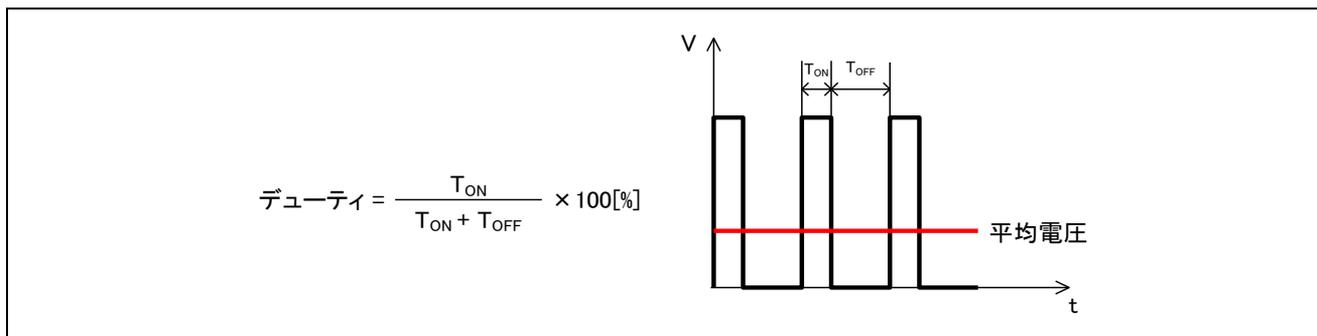


図 3-2 PWM 制御

ここで、変調率  $m$  を以下のように定義します。

$$m = \frac{V}{E}$$

$m$  : 変調率      $V$  : 指令値電圧      $E$  : インバータ母線電圧

この変調率を、PWM デューティを決めるレジスタの設定値に反映させます。

また、本アプリケーションノート対象ソフトでは、前半 60 度チョッピングを採用し、出力電圧及び速度の制御を行っています。また、コンパイルオプションによって非相補、相補の制御切り替えを可能としています。図 3-3 に非相補前半 60 度チョッピング時のモータ制御信号出力波形例、図 3-4 に相補前半 60 度チョッピング時のモータ制御信号出力波形例を示します。

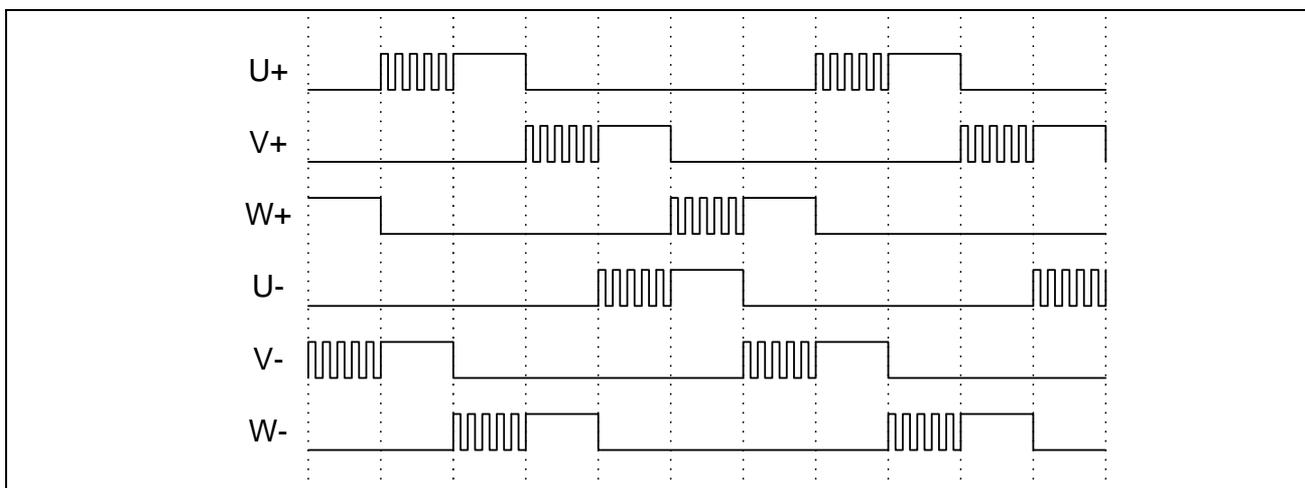


図 3-3 非相補前半 60 度チョッピング

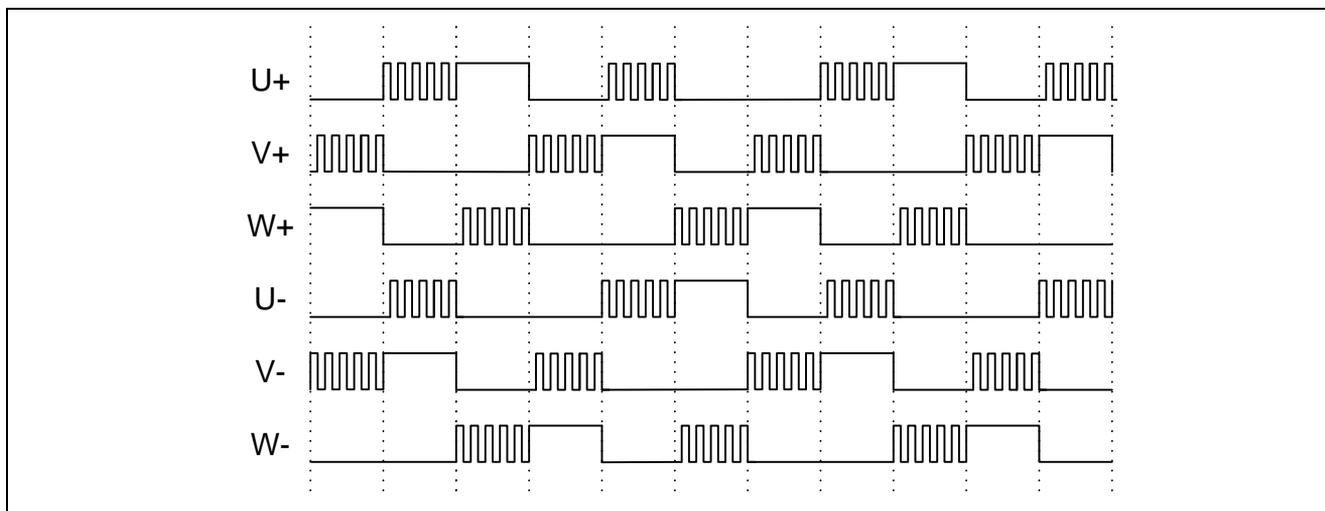


図 3-4 相補前半 60 度チョッピング

3.1.5 状態遷移

図 3-5 にホールセンサ利用 120 度通電制御ソフトにおける状態遷移図を示します。

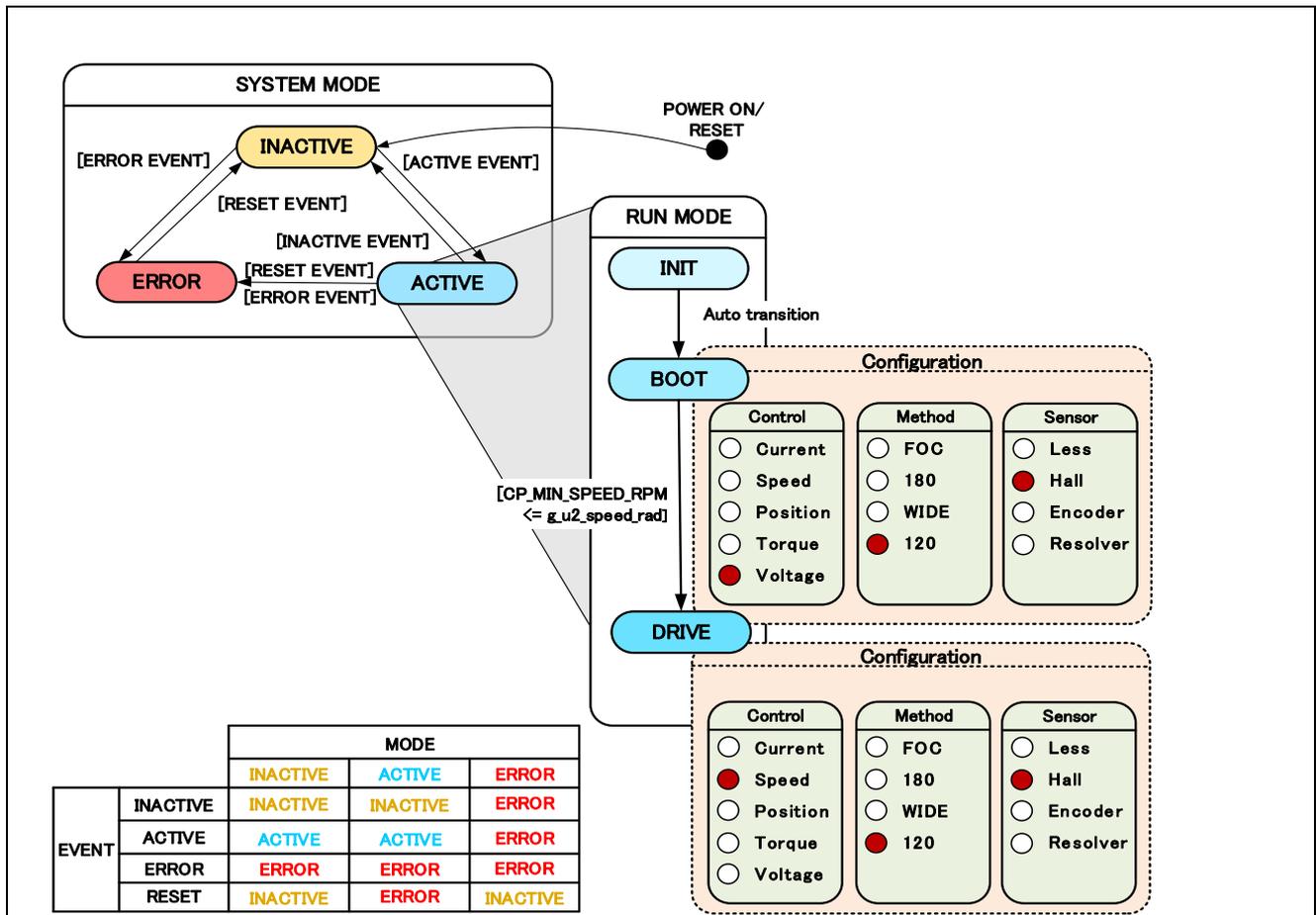


図 3-5 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフトの状態遷移図

(1) SYSTEM MODE

システム動作状態を表します。各イベント(EVENT)の発生により状態が遷移します。システムの動作状態は、モータ駆動停止(INACTIVE)、モータ駆動(ACTIVE)、異常状態(ERROR)があります。

(2) RUN MODE

モータの駆動状態を表します。システムの状態が ACTIVE になると、モータの駆動状態が図 3-5 の様に遷移します。

(3) EVENT

各 SYSTEM MODE 中に EVENT が発生すると、その EVENT に従って、システム動作状態が図 3-5 中の表の様に遷移します。各 EVENT の発生要因は下記となります。

表 3-3 EVENT 一覧

| イベント名    | 発生条件                 |
|----------|----------------------|
| INACTIVE | ユーザ操作により発生します        |
| ACTIVE   | ユーザ操作により発生します        |
| ERROR    | システムが異常を検出したときに発生します |
| RESET    | ユーザ操作により発生します        |

### 3.1.6 始動方法

ホールセンサ利用 120 度通電制御では、ホールセンサ信号により回転子位置が判別出来るため、始動時の通電パターンは一意に決まります。

ただし、速度制御を行うためには 3.1.3 に示した様に最低でも最初の  $2\pi$  分の時間データを計測する必要があります。そのため、サンプルソフトでは始動方法として一定電圧によるオープンループでの始動を行い時間データが取得出来る条件を待って速度制御へ遷移する方法を取っています。

図 3-6 ではサンプルソフトでの始動方法を示しています。"MTR\_MODE\_BOOT"では、`g_s2_start_ref_v` で与えられた一定電圧によるオープンループ始動を行っています。"MTR\_MODE\_DRIVE"への遷移条件はその時点での計測回転数が規定最低回転数に到達することです。

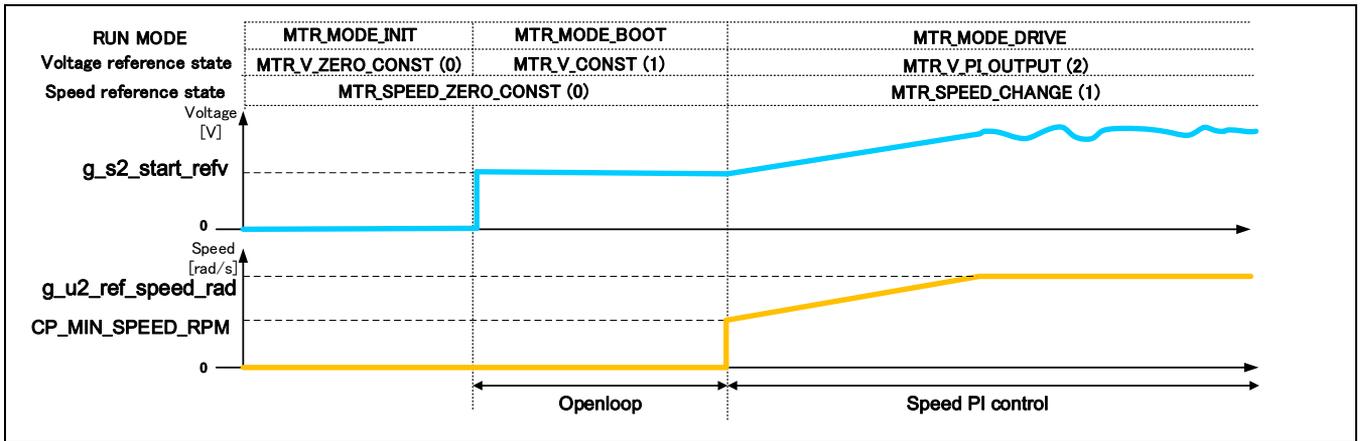


図 3-6 始動方法例

### 3.1.7 システム保護機能

本システムは、以下のエラー状態を持ち、それぞれの場合に緊急停止機能を実現しています。システム保護機能に関わる各設定値は**エラー! 参照元が見つかりません**。を参照してください。

- ・過電流エラー

ハードウェアからの緊急停止信号(過電流検出)により、PWM 出力端子にハイインピーダンス出力します。

- ・過電圧エラー

過電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、過電圧(過電圧リミット値を超過)を検出した時に、緊急停止します。過電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

- ・低電圧エラー

低電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、低電圧(低電圧リミット値を下回る)を検出した時に、緊急停止します。低電圧リミット値は検出回路の抵抗値の誤差等を考慮して設定した値です。

- ・回転速度異常エラー

回転速度監視周期で速度を監視し、速度リミット値を超過した場合、緊急停止します。

- ・ホールセンサ入力検出タイムアウトエラー

ホールセンサ入力による割り込みが一定時間発生しない場合、緊急停止します。

- ・ホールセンサパターンエラー(位置情報)の異常検出

ホールセンサ割り込み処理毎にホールセンサ信号のパターンを監視し、エラーパターンを検出した場合、緊急停止します。

表 3-4 各システム保護機能設定値

| エラー                 | 閾値            |      |
|---------------------|---------------|------|
|                     | 過電圧リミット値 [V]  | 28   |
| 過電圧エラー              | 監視周期 [ms]     | 1    |
|                     | 低電圧リミット値 [V]  | 15   |
| 低電圧エラー              | 監視周期 [ms]     | 1    |
|                     | 速度リミット値 [rpm] | 3500 |
| 回転速度異常エラー           | 監視周期 [ms]     | 1    |
|                     | タイムアウト時間 [ms] | 500  |
| ホールセンサ入力検出タイムアウトエラー |               |      |

## 3.2 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフト関数仕様

本制御プログラムの関数一覧を以下に示します。本システムで使用していない関数は記載していません。

表 3-5 “main.c”関数一覧

| ファイル名  | 関数名                             | 処理概要  |
|--------|---------------------------------|---|
| main.c | main<br>入力：なし<br>出力：なし          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハードウェア初期化関数呼び出し</li> <li>・ユーザインタフェース初期化関数呼び出し</li> <li>・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し</li> <li>・母線電圧安定待ち関数呼び出し</li> <li>・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し</li> <li>・メイン処理<br/>⇒ユーザインタフェース呼び出し<br/>⇒ウォッチドッグタイマ クリア関数呼び出し</li> </ul> |
|        | board_ui<br>入力：なし<br>出力：なし      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・モータステータスの変更</li> <li>・回転速度指令値の決定</li> <li>・回転方向の決定</li> </ul>   |
|        | ics_ui<br>入力：なし<br>出力：なし        | モータ制御開発支援ツールインタフェース使用 <ul style="list-style-type: none"> <li>・モータステータスの変更</li> <li>・回転速度指令値の決定</li> <li>・回転方向の決定</li> </ul>   |
|        | software_init<br>入力：なし<br>出力：なし | メイン処理にて使用する変数の初期化   |

表 3-6 “mtr\_ctrl\_mrsk.c”関数一覧

| ファイル名           | 関数名   | 処理概要          |
|-----------------|---|---------------|
| mtr_ctrl_mrsk.c | R_MTR_ChargeCapacitor<br>入力：なし<br>出力：なし               | 母線電圧(VDC)安定待ち |
|                 | get_vr1<br>入力：なし<br>出力：(uint16) u2_ad_data / A/D 変換結果 | VR1 の状態を取得    |
|                 | get_sw1<br>入力：なし<br>出力：(uint8) u1_temp / SW1 のレベル     | SW1 の状態を取得    |
|                 | get_sw2<br>入力：なし<br>出力：(uint8) u1_temp / SW2 のレベル     | SW2 の状態を取得    |
|                 | led1_on<br>入力：なし<br>出力：なし                             | LED1 の点灯      |
|                 | led2_on<br>入力：なし<br>出力：なし                             | LED2 の点灯      |
|                 | led3_on<br>入力：なし<br>出力：なし                             | LED3 の点灯      |
|                 | led1_off<br>入力：なし<br>出力：なし                            | LED1 の消灯      |
|                 | led2_off<br>入力：なし<br>出力：なし                            | LED2 の消灯      |
|                 | led3_off<br>入力：なし<br>出力：なし                            | LED3 の消灯      |

表 3-7 “mtr\_ctrl\_rl78g14.c” 関数一覧

| ファイル名              | 関数名                                     | 処理概要                      |
|--------------------|---|---------------------------|
| mtr_ctrl_rl78g14.c | R_MTR_InitHardware<br>入力：なし<br>出力：なし    | クロックと周辺機能の初期化             |
|                    | mtr_init_clock<br>入力：なし<br>出力：なし        | クロックの初期化                  |
|                    | mtr_init_tau<br>入力：なし<br>出力：なし          | タイマ・アレイ・ユニットの初期化          |
|                    | mtr_init_intp<br>入力：なし<br>出力：なし         | 外部割り込み(ホールセンサ信号割り込み)の初期設定 |
|                    | clear_wdt<br>入力：なし<br>出力：なし             | ウォッチドッグタイマ(WDT)のクリア       |
|                    | mtr_clear_oc_flag<br>入力：なし<br>出力：なし     | パルス出力強制遮断状態の解除            |
|                    | mtr_clear_trd0_imfa<br>入力：なし<br>出力：なし   | コンペアマッチタイマ A(IMFA)のフラグクリア |
|                    | mtr_disable_hall_intr<br>入力：なし<br>出力：なし | ホールセンサ信号割り込み禁止            |

表 3-8 “mtr\_interrupt.c”関数一覧

| ファイル名           | 関数名                                      | 処理概要  |
|-----------------|--|---|
| mtr_interrupt.c | mtr_oc_intp0_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし | 過電流検出処理 (ハード検出: INTP0 で割り込み)<br>・ INTP0 割り込み禁止<br>・ イベント処理選択関数呼び出し (Error イベント発生)<br>・ エラーステータス変更 (過電流エラーフラグセット)  |
|                 | mtr_hall_u_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし   | U相ホールセンサ割り込み(INTP3)で呼び出し<br>・ ホールセンサ割り込み共通処理の呼び出し   |
|                 | mtr_hall_v_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし   | V相ホールセンサ割り込み(INTP4)で呼び出し<br>・ ホールセンサ割り込み共通処理の呼び出し   |
|                 | mtr_hall_w_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし   | W相ホールセンサ割り込み(INTP6)で呼び出し<br>・ ホールセンサ割り込み共通処理の呼び出し   |
|                 | mtr_1ms_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし      | 周期タイマ割り込み(INTTM00)で呼び出し (周期: 1 [ms])<br>・ 動作モード管理<br>⇒回転速度指令値の設定<br>⇒電圧指令値の設定<br>⇒PWM デューティの設定<br>・ ホール信号タイムアウト検出処理<br>・ エラーチェック処理の呼び出し<br>・ モータ停止待ち処理の呼び出し |
|                 | mtr_carrier_interrupt<br>入力：なし<br>出力：なし  | 周期タイマ割り込み(INTTRD0)で呼び出し(周期: 50 [μs])<br>・ 母線電圧の取得<br>・ コンペアマッチタイマ A フラグクリア関数呼び出し  |

表 3-9 “mtr\_spm\_hall\_120.c”関数一覧 [1/2]

| ファイル名              | 関数名  | 処理概要  |
|--------------------|--|---|
| mtr_spm_hall_120.c | R_MTR_InitSequence<br>入力：なし<br>出力：なし   | シーケンス処理の初期化   |
|                    | R_MTR_ExecEvent<br>入力：(uint8) u1_event / 発生イベント<br>出力：なし                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ステータスの変更を行う</li> <li>・発生イベントに対して、適切な処理の実行関数を呼び出し</li> </ul>                                 |
|                    | mtr_act_active<br>入力：(uint8) u1_state / モータステータス<br>出力：(uint8) u1_state / モータステータス   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・モータ始動時の初期化関数呼び出し</li> <li>・ホールセンサ割り込み許可関数の呼び出し</li> <li>・エラーステータスの判定</li> </ul>             |
|                    | mtr_act_inactive<br>入力：(uint8) u1_state / モータステータス<br>出力：(uint8) u1_state / モータステータス | <ul style="list-style-type: none"> <li>・TRD 及び PWM 出力停止</li> <li>・RUN モードの初期化</li> <li>・制御形式情報の初期化</li> </ul>                       |
|                    | mtr_act_none<br>入力：(uint8) u1_state / モータステータス<br>出力：(uint8) u1_state / モータステータス     | 処理なし  |
|                    | mtr_act_reset<br>入力：(uint8) u1_state / モータステータス<br>出力：(uint8) u1_state / モータステータス    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・グローバル変数の初期化</li> <li>・パルス出力強制遮断状態の解除処理呼び出し</li> </ul>                                       |
|                    | mtr_act_error<br>入力：(uint8) u1_state / モータステータス<br>出力：(uint8) u1_state / モータステータス    | モータ制御終了関数呼び出し   |
|                    | mtr_pattern_set<br>入力：なし<br>出力：なし  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・速度計測演算処理の呼び出し</li> <li>・ホールバタンの検出</li> <li>・通電パターン設定処理呼び出し</li> <li>・エラーステータスの判定</li> </ul> |
|                    | mtr_speed_calc<br>入力：なし<br>出力：なし   | 速度計測演算  |
|                    | mtr_start_init<br>入力：なし<br>出力：なし   | モータ始動時に必要な変数を初期化  |
|                    | mtr_set_variables<br>入力：なし<br>出力：なし  | 制御層への制御パラメータの反映   |
|                    | R_MTR_IcsInput<br>入力：(MTR_ICS_INPUT*) ics_input / GUI 通信構造体<br>出力：なし                 | GUI から入力された変数値をバッファに格納  |
|                    | mtr_error_check<br>入力：なし<br>出力：なし  | エラーの監視  |
|                    | mtr_wait_motorstop<br>入力：なし<br>出力：なし   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・回転停止チェック</li> <li>・ホールセンサ割り込み禁止関数の呼び出し</li> </ul>   |
|                    | mtr_set_voltage_ref<br>入力：なし<br>出力：なし  | 電圧指令値の設定  |
|                    | mtr_set_speed_ref<br>入力：なし<br>出力：なし  | 速度制御用指令値の設定   |

表 3-10 “mtr\_spm\_hall\_120.c”関数一覧 [2/2]

| ファイル名              | 関数名   | 処理概要  |
|--------------------|---|---|
| mtr_spm_hall_120.c | mtr_hall_signal_process<br>入力：なし<br>出力：なし                           | ホールセンサ入力割り込み共通処理<br>・速度計測開始待ちカウント処理<br>・ホールタイムアウト カウントクリア処理<br>・モータ回転停止待ちカウンタリセット<br>・通電パターンセット関数呼び出し |
|                    | mtr_pattern_first60<br>入力：(uint8) u1_pattern / 通電パターン<br>出力：なし      | 非相補前半 60 度チョッピング<br>通電パターンの設定   |
|                    | mtr_pattern_first60_comp<br>入力：(uint8) u1_pattern / 通電パターン<br>出力：なし | 相補前半 60 度チョッピング<br>通電パターンの設定  |

表 3-11 “mtr\_ctrl\_rl78g14\_mrsk.c”関数一覧

| ファイル名                   | 関数名   | 処理概要                              |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| mtr_ctrl_rl78g14_mrsk.c | mtr_init_trd<br>入力：なし<br>出力：なし  | TRD の初期設定                         |
|                         | mtr_init_ad_converter<br>入力：なし<br>出力：なし   | A/D コンバータの初期設定                    |
|                         | init_ui<br>入力：なし<br>出力：なし   | ユーザインタフェースの初期化                    |
|                         | mtr_ctrl_start<br>入力：なし<br>出力：なし  | モータ始動処理<br>・ホールセンサ信号割り込み許可        |
|                         | mtr_ctrl_stop<br>入力：なし<br>出力：なし   | モータ停止処理<br>・TRD 出力停止<br>・PWM 出力停止 |
|                         | mtr_change_pattern<br>入力：(uint8) u1_pattern / 通電パターン<br>出力：なし                       | ・通電パターンの変更<br>・エラーステータスの判定        |
|                         | mtr_get_adc<br>入力：(uint8) u1_ad_ch / 取得対象 A/D チャンネル<br>出力：(int16) s2_temp / A/D 変換値 | A/D 変換値取得処理                       |

表 3-12 “mtr\_feedback.c”関数一覧

| ファイル名          | 関数名  | 処理概要  |
|----------------|--|-------|
| mtr_feedback.c | mtr_pi_ctrl<br>入力：(MTR_PI_CTRL*) pi_ctrl / PI 制御用構造体<br>出力：(int16) s2_ref / PI 制御出力値 | PI 制御 |

表 3-13 “mtr\_gmc.c”関数一覧

| ファイル名     | 関数名  | 処理概要          |
|-----------|--|---------------|
| mtr_gmc.c | mtr_get_vdc<br>入力：なし<br>出力：(int16) s2_temp / 母線電圧値   | 母線電圧値の取得      |
|           | mtr_check_over_voltage_error<br>入力：(int16) s2_vdc / 母線電圧値<br>(int16) s2_limit_voltage / 過電圧リミット値<br>出力：(uint16) u2_temp / 過電圧エラーフラグ                | 過電圧エラーチェック    |
|           | mtr_check_under_voltage_error<br>入力：(int16) s2_vdc / 母線電圧値<br>(int16) s2_limit_voltage / 低電圧リミット値<br>出力：(uint16) u2_temp / 低電圧エラーフラグ               | 低電圧エラーチェック    |
|           | mtr_check_over_speed_error<br>入力：(uint16) u2_speed_rad / 回転速度<br>(uint16) u2_speed_limit / 回転速度リミット値<br>出力：(uint16) u2_temp / 過速度エラーフラグ            | 過速度エラーチェック    |
|           | mtr_get_duty<br>入力：(volatile int16) s2_v_ref / 指令電圧値<br>(volatile int16) s2_vdc_ad / 母線電圧値<br>出力：(int16) s2_temp / 変調率                             | 変調率の算出        |
|           | mtr_check_timeout_error<br>入力：(uint16) u2_cnt_timeout / タイムアウトカウンタ<br>(uint16) u2_timeout_limit / タイムアウトリミット<br>出力：(uint16) u2_temp / タイムアウトエラーフラグ | タイムアウトエラーチェック |

表 3-14 “mtr\_driver\_access.c”関数一覧

| ファイル名               | 関数名   | 処理概要        |
|---------------------|---|-------------|
| mtr_driver_access.c | R_MTR_SetSpeed<br>入力：(int16)s2_ref_speed / 速度指令値<br>出力：なし         | 速度指令値の設定    |
|                     | R_MTR_SetDir<br>入力：(uint8) u1_dir / 回転方向<br>出力：なし                 | 回転方向の設定     |
|                     | R_MTR_GetSpeed<br>入力：なし<br>出力：(uint16) u2_speed_rpm / 回転速度        | 速度演算値の取得    |
|                     | R_MTR_GetDir<br>入力：なし<br>出力：(uint8) g_u1_direction / 回転方向         | 回転方向の取得     |
|                     | R_MTR_GetStatus<br>入力：なし<br>出力：(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス | モータステータスを取得 |

### 3.3 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフト変数一覧

本制御プログラムで使用する変数一覧を次に示します。ただし、ローカル変数は記載していません。

また、本制御プログラムでは制御値を固定小数点演算で算出しているため、一部の変数を固定小数点数で設定します。本書では固定小数点数の小数部分のビット数を Q フォーマットで表します。Qn では小数部分のビット数が n であることを表しています。Qn 値は各変数の「スケール」欄に記載しています。

表 3-15 変数一覧 [1/3]

| 変数名                       | 型                 | スケール | 内 容                    | 備 考  |
|---------------------------|-------------------|------|------------------------|--|
| g_u2_max_speed_rpm        | uint16            | -    | 速度最大値                  | 機械角 [rpm]  |
| g_u2_min_speed_rpm        | uint16            | -    | 速度最小値                  | 機械角 [rpm]  |
| g_u2_margin_min_speed_rpm | uint16            | -    | モータ停止用回転速度指令最小値        | 機械角 [rpm]  |
| g_s2_ref_speed_rpm        | int16             | -    | 速度指令値                  | 機械角 [rpm]  |
| g_u2_speed_rpm            | uint16            | -    | 現在の速度格納用変数             | 機械角 [rpm]  |
| g_u1_rot_dir              | uint8             | -    | ユーザ設定回転方向              | 0 : CW<br>1 : CCW  |
| g_u1_motor_status         | uint8             | -    | モータステータス               | 0 : 停止<br>1 : 回転中<br>2 : エラー   |
| g_u1_reset_req            | uint8             | -    | リセット要求フラグ              | 0 : リセット要求なし<br>1 : リセット要求あり   |
| g_u1_sw1_cnt              | uint8             | -    | SW1 判定カウンタ             | チャタリング除去用  |
| g_u1_sw2_cnt              | uint8             | -    | SW2 判定カウンタ             | チャタリング除去用  |
| g_u1_stop_req             | uint8             | -    | 停止指令フラグ                |  |
| g_s2_sw_userif            | int16             | -    | ユーザインタフェーススイッチ         | 0 : モータ制御開発支援ツール使用<br>(デフォルト)<br>1 : ボードユーザインタフェース使用   |
| g_s2_mode_system          | int16             | -    | ステート管理用変数              |  |
| g_s2_enable_write         | int16             | -    | 変数書き換え許可管理用変数          |  |
| st_ics_input              | MTR_IC<br>S_INPUT | -    | GUI 通信用構造体             |  |
| g_u1_cnt_ics              | uint8             | -    | GUI 通信関数呼び出し間隔<br>カウンタ |  |
| g_u2_trig_enable_write    | uint16            | -    | 変数書き換え許可管理用変数          |  |
| st_ics_input_buff         | MTR_IC<br>S_INPUT | -    | GUI 入力変数構造体            |  |
| g_u1_mode_system          | uint8             | -    | ステート管理                 | 0x00 : Inactive モード<br>0x01 : Active モード<br>0x02 : Error モード   |
| g_u2_run_mode             | uint16            | -    | 動作モード管理                | 0x00 : Initialize モード<br>0x01 : Boot モード<br>0x02 : Drive モード<br>0x03 : Analysis モード<br>0x04 : Tune モード |

表 3-16 変数一覧 [2/3]

| 変数名                     | 型      | スケール | 内容                        | 備考   |
|-------------------------|--------|------|---------------------------|--|
| g_u2_error_status       | uint16 | -    | エラーステータス管理                | 0x00 : エラーなし<br>0x01 : 過電流エラー<br>0x02 : 過電圧エラー<br>0x04 : 回転速度エラー<br>0x08 : ホール信号タイムアウトエラー<br>0x10 : 誘起電圧タイムアウトエラー<br>0x20 : ホールパターンエラー<br>0x40 : 誘起電圧パターンエラー<br>0x80 : 低電圧エラー<br>0xFF : 未定義エラー |
| g_u2_state_voltage_ref  | uint16 | -    | 電圧状態管理                    | 0 : 出力電圧 0<br>1 : 始動電圧出力<br>2 : 電圧 PI 出力   |
| g_u2_state_speed_ref    | uint16 | -    | 速度状態管理                    | 0 : 速度 0<br>1 : 速度可変   |
| g_u2_sensor_conf        | uint16 | -    | 使用センサ                     | 0x00 : センサレス<br>0x01 : ホールセンサ<br>0x02 : エンコーダ<br>0x03 : レゾルバ   |
| g_u2_method_conf        | uint16 | -    | 制御方法                      | 0x00 : FOC (Field Oriented Control)<br>0x01 : 180 度通電制御<br>0x02 : 広角通電制御<br>0x03 : 120 度通電制御   |
| g_u2_ctrl_conf          | uint16 | -    | 制御入力                      | 0x01 : 電流制御<br>0x02 : 速度制御<br>0x04 : 位置制御<br>0x08 : トルク制御<br>0x10 : 電圧制御   |
| g_u2_motor_pp           | uint16 | -    | モータ極対数                    |  |
| g_s2_vdc_ad             | int16  | Q7   | インバータ母線電圧 A/D 値           | [V]  |
| g_s2_v_ref              | int16  | Q7   | 電圧指令値                     | 速度 PI 出力値 [V]  |
| g_s2_start_ref_v        | int16  | Q7   | 始動電圧設定値                   | 始動電圧 [V]   |
| g_u2_pwm_duty           | uint16 |      | PWM 変調率                   |  |
| g_u2_ref_speed_rad      | uint16 | Q3   | 回転速度指令値                   | 電気角 [rad/s]  |
| g_u2_ref_speed_rad_ctrl | uint16 | Q3   | PI 制御用回転速度指令値             | 電気角 [rad/s]  |
| g_u2_speed_rad          | uint16 | Q3   | 回転速度値                     | 電気角 [rad/s]  |
| g_s2_kp_speed           | int16  | Q16  | 速度 PI 制御比例項ゲイン            |  |
| g_s2_ki_speed           | int16  | Q22  | 速度 PI 制御積分項ゲイン            |  |
| g_u1_cnt_speed_pi       | uint8  | -    | 速度 PI 制御用割り込み<br>間引き用カウンタ |  |
| g_s2_speed_lpf_k        | int16  | Q14  | 速度 LPF パラメータ              |  |
| g_s2_limit_speed_change | int16  | Q3   | 速度指令最大増減幅                 | 電気角 [rad/s]  |

表 3-17 変数一覧 [3/3]

| 変数名                     | 型           | スケール | 内容                        | 備考                |
|-------------------------|-------------|------|---------------------------|-------------------|
| g_s2_lim_v              | int16       | Q7   | 速度 PI 制御積分項リミット値          | [V]               |
| g_s4_ilim_v             | int32       | Q26  | 速度 PI 制御積分項リミット値 整数部      | [V]               |
| g_u1_flag_charge_cap    | uint8       | -    | キャパシタチャージ完了フラグ            |                   |
| g_u2_speed_calc_base    | uint16      | —    | 速度計算演算規定値                 |                   |
| g_u1_flg_wait_stop      | uint8       | -    | モータ回転停止待ちフラグ              |                   |
| g_u2_cnt_wait_stop      | uint16      | -    | モータ回転停止検出カウンタ             |                   |
| g_u1_v_pattern          | uint8       | -    | 通電パターン                    |                   |
| g_u1_direction          | uint8       | -    | 回転方向                      | CW : 0<br>CCW : 1 |
| g_u2_cnt_timeout        | uint16      | -    | ホール信号タイムアウト検出用カウンタ        |                   |
| g_u2_hall_timer_cnt     | uint16      | -    | フリーランタイマカウンタ値             |                   |
| g_u2_pre_hall_timer_cnt | uint16      | -    | 前回のフリーランタイマカウンタ値          |                   |
| g_u2_timer_cnt_sum      | uint16      | -    | 電気角 $2\pi$ 分の速度計測タイマカウンタ値 |                   |
| g_u2_timer_cnt_buf[6]   | uint16      | -    | 速度計測タイマカウンタバッファ           |                   |
| g_u1_timer_cnt_num      | uint8       | -    | 速度計測タイマカウンタバッファ番号         |                   |
| g_u1_hall_signal        | uint8       | -    | ホールセンサ信号取り込みバッファ          |                   |
| g_u1_hall_intr_cnt      | uint8       | -    | ホールセンサ割り込み数カウンタ           | 速度計測開始タイミング用      |
| g_u1_hall_wait_cnt      | uint8       | -    | 速度計測開始タイミング               |                   |
| st_pi_speed             | MTR_PI_CTRL | -    | 速度 PI 制御用構造体              |                   |

## 3.4 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフト構造体一覧

本制御プログラムで使用する構造体一覧を次に示します。

表 3-18 構造体一覧

| 構造体           | メンバ名                  | 型      | スケール | 内 容                | 備 考               |
|---------------|-----------------------|--------|------|--------------------|-------------------|
| MTR_PI_CTRL   | s2_err                | int16  | Q3   | 偏差                 | 電気角 [rad/s]       |
|               | s2_kp                 | int16  | Q16  | PI 制御比例項ゲイン        |                   |
|               | s2_ki                 | int16  | Q22  | PI 制御積分項ゲイン        |                   |
|               | s2_limit              | int16  | Q7   | PI 制御積分項リミット値      | [V]               |
|               | s4_refi               | int32  | Q7   | PI 制御積分項出力値        | [V]               |
|               | s4_ilimit             | int32  | Q26  | PI 制御積分項リミット値      | [V]               |
| MTR_ICS_INPUT | s2_direction          | int16  | -    | 回転方向               | 0 : CW<br>1 : CCW |
|               | u2_ref_speed          | uint16 | -    | 速度指令値              | 機械角 [rpm]         |
|               | u2_motor_pp           | uint16 | -    | モータ極対数             |                   |
|               | s2_kp_speed           | int16  | Q16  | 速度 PI 制御比例項ゲイン     |                   |
|               | s2_ki_speed           | int16  | Q22  | 速度 PI 制御積分項ゲイン     |                   |
|               | s2_speed_lpf_k        | int16  | Q14  | 速度 LPF パラメータ       |                   |
|               | s2_limit_speed_change | int16  | Q3   | 速度指令最大変更幅          | 電気角 [rad/s]       |
|               | s2_start_refv         | int16  | Q7   | 始動時電圧設定            | [V]               |
|               | u1_hall_wait_cnt      | uint8  | -    | 速度計測開始待ちホール割り込み数設定 |                   |

## 3.5 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフトマクロ定義

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-19 “main.h”マクロ定義一覧

| ファイル名        | マクロ名                    | 定義値                         | 備考                            |
|--------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| main.h       | ICS_UI                  | 0                           | モータ制御開発支援ツールモード               |
|              | BOARD_UI                | 1                           | ボード UI モード                    |
|              | M_CW                    | 0                           | ユーザ回転方向設定値: CW                |
|              | M_CCW                   | 1                           | ユーザ回転方向設定値: CCW               |
|              | MAX_SPEED               | CP_MAX_SPEED_RPM            | 回転速度指令最大値 (機械角) [rpm]         |
|              | MIN_SPEED               | CP_MIN_SPEED_RPM            | 回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]         |
|              | MARGIN_SPEED            | 50                          | 停止用回転速度指令最小値作成用定数 (機械角) [rpm] |
|              | MARGIN_MIN_SPEED        | MIN_SPEED - MARGIN_SPEED    | モータ停止用回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]   |
|              | LIMIT_SPEED_CHANGE      | CP_LIMIT_SPEED_CHANGE       | 速度最大変更幅 (電気角) [rad/s]         |
|              | SPEED_PI_KP             | CP_SPEED_PI_KP              | 速度 PI 比例ゲイン                   |
|              | SPEED_PI_KI             | CP_SPEED_PI_KI              | 速度 PI 積分ゲイン                   |
|              | SPEED_LPF_K             | CP_SPEED_LPF_K              | 速度 LPF パラメータ                  |
|              | START_REF_V             | CP_START_REF_V              | 始動時電圧規定値 [V] スケール: Q7         |
|              | SW_ON                   | 0                           | ハードウェア SW (“Low”アクティブ)        |
|              | SW_OFF                  | 1                           | ハードウェア SW (“High”インアクティブ)     |
|              | CHATTERING_CNT          | 10                          | チャタリング除去                      |
|              | VR1_SCALING             | (MAX_SPEED + 422) / 0x0200  | 速度指令値作成用定数                    |
|              | ADJUST_OFFSET           | 0x01FF                      | 速度指令値オフセット調整用定数               |
|              | POLE_PAIRS              | MP_POLE_PAIRS               | 極対数                           |
|              | REQ_CLR                 | 0                           | VR1 停止指令フラグクリア                |
|              | REQ_SET                 | 1                           | VR1 停止指令フラグセット                |
|              | ICS_ADDR                | 0xFE00                      | ICS 用アドレス設定                   |
|              | ICS_INT_LEVEL           | 2                           | ICS 用割り込みレベル設定                |
| ICS_NUM      | CA: 0x50<br>CC-RL: 0x40 | ICS 通信データサイズ                |                               |
| ICS_BRR      | 15                      | ICS ビットレートレジスタ選択 (CC-RL のみ) |                               |
| ICS_INT_MODE | 0                       | ICS 割り込みモード設定 (CC-RL のみ)    |                               |

表 3-20 “motor\_parameter.h”マクロ定義一覧

| ファイル名             | マクロ名             | 定義値      | 備考                   |
|-------------------|------------------|----------|----------------------|
| motor_parameter.h | MP_POLE_PAIRS    | 2        | 極対数                  |
|                   | MP_RESISTANCE    | 6.447f   | 抵抗 [Ω] (未使用)         |
|                   | MP_D_INDUCTANCE  | 0.0045f  | d 軸インダクタンス [H] (未使用) |
|                   | MP_Q_INDUCTANCE  | 0.0045f  | q 軸インダクタンス [H] (未使用) |
|                   | MP_MAGNETIC_FLUX | 0.02159f | 磁束 [Wb] (未使用)        |

表 3-21 “control\_parameter.h”マクロ定義一覧

| ファイル名               | マクロ名                  | 定義値                          | 備考                                     |
|---------------------|-----------------------|------------------------------|--|
| control_parameter.h | CP_MAX_SPEED_RPM      | 2650                         | 回転速度指令最大値 (機械角) [rpm]                  |
|                     | CP_MIN_SPEED_RPM      | 550                          | 回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]                  |
|                     | CP_LIMIT_SPEED_CHANGE | 0.20f * 0x08                 | 速度指令最大増減幅 (電気角) [rad/s]<br>(スケール : Q3) |
|                     | CP_START_REF_V        | 5.8f * 0x80                  | 始動電圧設定値[V] (スケール : Q7)                 |
|                     | CP_SPEED_PI_KP        | 0.0150f * 0x10000            | PI 制御比例項ゲイン (スケール : Q16)               |
|                     | CP_SPEED_PI_KI        | 0.0003f * 0x400000           | PI 制御積分項ゲイン(スケール : Q22)                |
|                     | CP_SPEED_LPF_K        | 1.0f * 0x4000                | 速度用 LPF パラメータ                          |
|                     | MTR_FIRST60           | 0                            | 非相補前半 60 度チョッピング選択                     |
| MTR_FIRST60_COMP    | 1                     | 相補前半 60 度チョッピング選択<br>(デフォルト) |  |

表 3-22 “mtr\_ctrl\_rl78g14\_mrssk.h”マクロ定義一覧 [1/2]

| ファイル名                    | マクロ名                 | 定義値   |            |       |             | 備考                               |
|--------------------------|----------------------|---|------------|-------|-------------|----------------------------------|
| mtr_ctrl_rl78g14_mrssk.h | MTR_PWM_TIMER_FREQ   | 64.0f   |            |       |             | PWM タイマカウンタ周波数 [MHz]             |
|                          | MTR_CARRIER_FREQ     | 20.0f   |            |       |             | キャリア周波数 [kHz]                    |
|                          | MTR_DEADTIME         | 2000  |            |       |             | デッドタイム [ns]                      |
|                          | MTR_DEADTIME_SET     | (int16)<br>(MTR_DEADTIME*MTR_PWM_TIMER_FREQ/1000)               |            |       |             | デッドタイム設定値                        |
|                          | MTR_CARRIER_SET      | (MTR_PWM_TIMER_FREQ*1000/MTR_CARRIER_FREQ/2)-2                  |            |       |             | キャリア設定値 (非相補)<br>コンパイルオプションで切り替え |
|                          |                      | (MTR_PWM_TIMER_FREQ*1000/MTR_CARRIER_FREQ/2)+MTR_DEADTIME_SET-2 |            |       |             | キャリア設定値 (相補)<br>コンパイルオプションで切り替え  |
|                          | MTR_HALF_CARRIER_SET | MTR_CARRIER_SET/2   |            |       |             | キャリア設定値 (中間値)                    |
|                          | MTR_NDT_CARRIER_SET  | MTR_CARRIER_SET-MTR_DEADTIME_SET                                |            |       |             | キャリア周波数からデッドタイムを引いた値             |
|                          | MTR_PORT_HALL_U      | CA  | P3.0       | CC-RL | P3_bit.no0  | ホールセンサ信号 U 入力                    |
|                          | MTR_PORT_HALL_V      |   | P3.1       |       | P3_bit.no1  | ホールセンサ信号 V 入力                    |
|                          | MTR_PORT_HALL_W      |   | P14.0      |       | P14_bit.no0 | ホールセンサ信号 W 入力                    |
|                          | MTR_PORT_UP          |   | P1.5       |       | P1_bit.no5  | U 相(正相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_UN          |   | P1.4       |       | P1_bit.no4  | U 相(逆相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_VP          |   | P1.3       |       | P1_bit.no3  | V 相(正相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_VN          |   | P1.1       |       | P1_bit.no1  | V 相(逆相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_WP          |   | P1.2       |       | P1_bit.no2  | W 相(正相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_WN          |   | P1.0       |       | P1_bit.no0  | W 相(逆相)出力ポート                     |
|                          | MTR_PORT_SW1         |   | P0.5       |       | P0_bit.no5  | SW1 入力ポート                        |
|                          | MTR_PORT_SW2         |   | P0.6       |       | P0_bit.no6  | SW2 入力ポート                        |
|                          | MTR_PORT_LED1        |   | P5.2       |       | P5_bit.no2  | LED1 出力ポート                       |
| MTR_PORT_LED2            | P5.3                 |   | P5_bit.no3 |       | LED2 出力ポート  |                                  |
| MTR_PORT_LED3            | P5.4                 |   | P5_bit.no4 |       | LED3 出力ポート  |                                  |

表 3-23 “mtr\_ctrl\_rl78g14\_mrssk.h”マクロ定義一覧 [2/2]

| ファイル名                    | マクロ名                   | 定義値                       | 備考                            |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| mtr_ctrl_rl78g14_mrssk.h | MTR_LED_ON             | 0                         | LED 発光 (“Low”アクティブ)           |
|                          | MTR_LED_OFF            | 1                         |                               |
|                          | MTR_INPUT_V            | (int16) (24*0x80)         | DC 入力電圧 [V] (スケール : Q7)       |
|                          | MTR_MCU_ON_V           | (int16) (MTR_INPUT_V*0.8) | キャパシタチャージ完了電圧 [V] (スケール : Q7) |
|                          | MTR_VDC_SCALING        | 3555                      | インバータ母線電圧 A/D 変換値<br>スケール処理値  |
|                          | MTR_RECVDC_SCALING     | 64                        | 母線電圧計算値 (逆数)                  |
|                          | MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT  | (int16) (28*0x80)         | 過電圧エラー判定値 [V] (スケール : Q7)     |
|                          | MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT | (int16) (15*0x80)         | 低電圧エラー判定値 [V] (スケール : Q7)     |
|                          | MTR_TAU1_CNT           | TCR01                     | 速度計測用タイマカウントレジスタ              |
|                          | MTR_ADCCH_VDC          | 2                         | 母線電圧(VDC)の<br>A/D コンバータチャンネル  |
|                          | MTR_ADCCH_VR1          | 6                         | VR1 の A/D コンバータチャンネル          |
|                          | MTR_OC_HW_FLG          | TRDSHUTS                  | PWM 強制遮断フラグビット                |
|                          | MTR_OC_INTP_MASK       | PMK0                      | INTP0 割込みマスクフラグ               |
|                          | MTR_DISABLE_OC_INTR    | 1                         | INTP0 割込み禁止                   |

表 3-24 "mtr\_spm\_hall\_120.h"マクロ定義一覧 [1/3]

| ファイル名              | マクロ名                    | 定義値  | 備考                                   |
|--------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|
| mtr_spm_hall_120.h | MTR_POLE_PAIRS          | MP_POLE_PAIRS                              | 極対数                                  |
|                    | MTR_TWOPI               | 2 * 3.14159265f                            | 2π                                   |
|                    | MTR_RPM_RAD             | 13726                                      | [rpm] → [rad/s] 単位変換用定数              |
|                    | MTR_RAD_RPM             | 4889                                       | [rad/s] → [rpm] 単位変換用定数              |
|                    | MTR_SPEED_LIMIT_RPM     | 3000                                       | 速度リミット値 (機械角) [rpm]                  |
|                    | MTR_SPEED_LIMIT         | MTR_SPEED_LIMIT_RPM * (MTR_TWOPI / 60)     | 速度リミット値 (電気角) [rad/s]                |
|                    | MTR_SPEED_PI_DECIMATION | 0  | 速度 PI 制御用割り込み間引き数                    |
|                    | MTR_SPEED_PI_KP         | CP_SPEED_PI_KP                             | 比例ゲイン スケール : Q16                     |
|                    | MTR_SPEED_PI_KI         | CP_SPEED_PI_KI                             | 積分ゲイン スケール : Q22                     |
|                    | MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V  | 24 * 0x80                                  | 電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]<br>スケール : Q7    |
|                    | MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V  | 24 * 0x80 * 0x80000                        | 電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]<br>スケール : Q25   |
|                    | MTR_SPEED_CALC_BASE     | 767  | 回転速度計測用カウンタ値の速度[rad/s]<br>への変換用定数    |
|                    | MTR_SPEED_LPF_K         | CP_SPEED_LPF_K                             | 速度用 LPF パラメータ<br>スケール : Q14          |
|                    | MTR_LIMIT_SPEED_CHANGE  | CP_LIMIT_SPEED_CHANGE                      | 指令速度最大変更幅 (電気角) [rad/s]<br>スケール : Q3 |
|                    | MTR_MIN_SPEED_RAD       | CP_MIN_SPEED_RPM * (MTR_TWOPI / 60) * 0x08 | 回転速度指令最小値 (電気角) [rad/s]<br>スケール : Q3 |
|                    | MTR_MAX_DRIVE_V         | (int16)22 * 0x80                           | 最大指令電圧 [V]<br>スケール : Q7              |
|                    | MTR_MIN_DRIVE_V         | (int16)0.1f * 0x80                         | 最小指令電圧 [V]<br>スケール : Q7              |
|                    | MTR_START_REF_V         | CP_START_REF_V                             | 始動時電圧規定値[V]<br>スケール : Q7             |
|                    | MTR_TIMEOUT_CNT         | 800  | ホール信号タイムアウトエラー判定値 [ms]               |
|                    | MTR_STOP_WAIT_CNT       | 300  | 停止判別規定値 [ms]                         |
|                    | MTR_WAIT_SPEED_CALC     | 48   | 速度計測開始待ちホール割り込み数規定値                  |
|                    | MTR_PATTERN_CW_V_U      | 2  | CW ホールセンサパターン                        |
|                    | MTR_PATTERN_CW_W_U      | 3  |                                      |
| MTR_PATTERN_CW_W_V | 1                       |  |                                      |
| MTR_PATTERN_CW_U_V | 5                       |  |                                      |
| MTR_PATTERN_CW_U_W | 4                       |  |                                      |
| MTR_PATTERN_CW_V_W | 6                       |  |                                      |

表 3-25 “mtr\_spm\_hall\_120.h”マクロ定義一覧 [2/3]

| ファイル名              | マクロ名                | 定義値             | 備考             |
|--------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| mtr_spm_hall_120.h | MTR_PATTERN_CCW_V_U | 5               | CCW ホールセンサパターン |
|                    | MTR_PATTERN_CCW_V_W | 1               |                |
|                    | MTR_PATTERN_CCW_U_W | 3               |                |
|                    | MTR_PATTERN_CCW_U_V | 2               |                |
|                    | MTR_PATTERN_CCW_W_V | 6               |                |
|                    | MTR_PATTERN_CCW_W_U | 4               |                |
|                    | MTR_PATTERN_ERROR   | 0               | 通電パターン         |
|                    | MTR_UP_PWM_VN_ON    | 1               |                |
|                    | MTR_UP_PWM_WN_ON    | 2               |                |
|                    | MTR_VP_PWM_UN_ON    | 3               |                |
|                    | MTR_VP_PWM_WN_ON    | 4               |                |
|                    | MTR_WP_PWM_UN_ON    | 5               |                |
|                    | MTR_WP_PWM_VN_ON    | 6               |                |
|                    | MTR_UP_ON_VN_PWM    | 7               |                |
|                    | MTR_UP_ON_WN_PWM    | 8               |                |
|                    | MTR_VP_ON_UN_PWM    | 9               |                |
|                    | MTR_VP_ON_WN_PWM    | 10              |                |
|                    | MTR_WP_ON_UN_PWM    | 11              |                |
|                    | MTR_WP_ON_VN_PWM    | 12              |                |
|                    | MTR_U_PWM_VN_ON     | 13              |                |
|                    | MTR_U_PWM_WN_ON     | 14              |                |
|                    | MTR_V_PWM_UN_ON     | 15              |                |
|                    | MTR_V_PWM_WN_ON     | 16              |                |
|                    | MTR_W_PWM_UN_ON     | 17              |                |
|                    | MTR_W_PWM_VN_ON     | 18              |                |
|                    | MTR_UP_ON_V_PWM     | 19              |                |
|                    | MTR_UP_ON_W_PWM     | 20              |                |
|                    | MTR_VP_ON_U_PWM     | 21              |                |
|                    | MTR_VP_ON_W_PWM     | 22              |                |
|                    | MTR_WP_ON_U_PWM     | 23              |                |
|                    | MTR_WP_ON_V_PWM     | 24              |                |
|                    | MTR_CW              | 0               | 回転方向           |
|                    | MTR_CCW             | 1               |                |
| MTR_FLG_CLR        | 0                   | フラグ管理           |                |
| MTR_FLG_SET        | 1                   |                 |                |
| MTR_ICS_DECIMATION | 4                   | GUI 用関数呼び出し間引き数 |                |
| MTR_V_ZERO_CONST   | 0                   | 電圧 0 設定モード      |                |
| MTR_V_CONST        | 1                   | 始動電圧設定モード       |                |
| MTR_V_PI_OUTPUT    | 2                   | PI 出力電圧設定モード    |                |

表 3-26 “mtr\_spm\_hall\_120.h”マクロ定義一覧 [3/3]

| ファイル名                   | マクロ名                   | 定義値         | 備考             |
|-------------------------|------------------------|-------------|----------------|
| mtr_spm_hall_120.h      | MTR_SPEED_ZERO_CONST   | 0           | 速度 0 設定モード     |
|                         | MTR_SPEED_CHANGE       | 1           | 速度可変モード        |
|                         | MTR_MODE_INACTIVE      | 0x00        | 非アクティブモード      |
|                         | MTR_MODE_ACTIVE        | 0x01        | アクティブモード       |
|                         | MTR_MODE_ERROR         | 0x02        | エラーモード         |
|                         | MTR_SIZE_STATE         | 3           | 定義済み状態数        |
|                         | MTR_EVENT_STOP         | 0x00        | 非アクティブイベント     |
|                         | MTR_EVENT_RUN          | 0x01        | アクティブイベント      |
|                         | MTR_EVENT_ERROR        | 0x02        | エラーイベント        |
|                         | MTR_EVENT_RESET        | 0x03        | イベントリセット       |
|                         | MTR_SIZE_EVENT         | 4           | 定義済みイベント数      |
|                         | MTR_MODE_INIT          | 0x00        | Initialize モード |
|                         | MTR_MODE_BOOT          | 0x01        | Boot モード       |
|                         | MTR_MODE_DRIVE         | 0x02        | Drive モード      |
|                         | MTR_MODE_ANALYSIS      | 0x03        | Analisis モード   |
|                         | MTR_MODE_TUNE          | 0x04        | Tune モード       |
|                         | MTR_SENSOR_LESS        | 0x01        | センサレス          |
|                         | MTR_SENSOR_HALL        | 0x02        | ホールセンサ         |
|                         | MTR_SENSOR_ENCD        | 0x04        | エンコーダ          |
|                         | MTR_SENSOR_RESO        | 0x08        | レゾルバ           |
|                         | MTR_METHOD_FOC         | 0x00        | ベクトル制御         |
|                         | MTR_METHOD_180         | 0x01        | 180 度通電制御      |
|                         | MTR_METHOD_WIDE        | 0x02        | 広角通電制御         |
|                         | MTR_METHOD_120         | 0x03        | 120 度通電制御      |
|                         | MTR_CONTROL_CURRENT    | 0x01        | 電流制御           |
|                         | MTR_CONTROL_SPEED      | 0x02        | 速度制御           |
|                         | MTR_CONTROL_POSITION   | 0x04        | 位置制御           |
|                         | MTR_CONTROL_TORQUE     | 0x08        | トルク制御          |
|                         | MTR_CONTROL_VOLTAGE    | 0x10        | 電圧制御           |
|                         | MTR_ERROR_NONE         | 0x00        | エラー無し          |
|                         | MTR_ERROR_OVER_CURRENT | 0x01        | 過電流エラー         |
|                         | MTR_ERROR_OVER_VOLTAGE | 0x02        | 過電圧エラー         |
|                         | MTR_ERROR_OVER_SPEED   | 0x04        | 過速度エラー         |
|                         | MTR_ERROR_HALL_TIMEOUT | 0x08        | ホールタイムアウトエラー   |
|                         | MTR_ERROR_BEMF_TIMEOUT | 0x10        | 誘起電圧タイムアウトエラー  |
|                         | MTR_ERROR_HALL_PATTERN | 0x20        | ホールパターンエラー     |
| MTR_ERROR_BEMF_PATTERN  | 0x40                   | 誘起電圧パターンエラー |                |
| MTR_ERROR_UNDER_VOLTAGE | 0x80                   | 低電圧エラー      |                |
| MTR_ERROR_UNKNOWN       | 0xff                   | 未定義エラー      |                |

3.6 制御フロー (フローチャート)

3.6.1 メイン処理

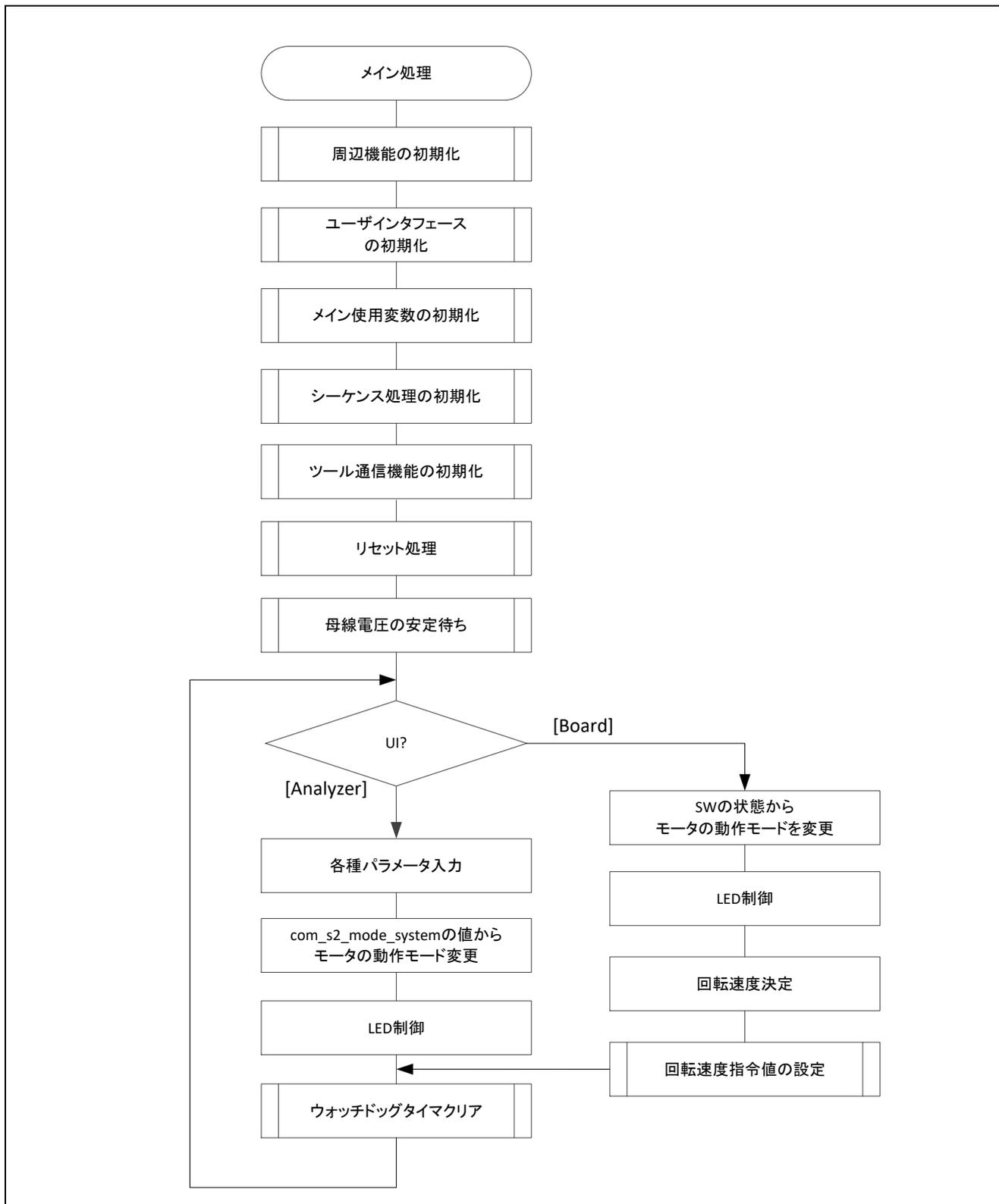


図 3-7 メイン処理フローチャート

3.6.2 キャリア周期割り込み処理

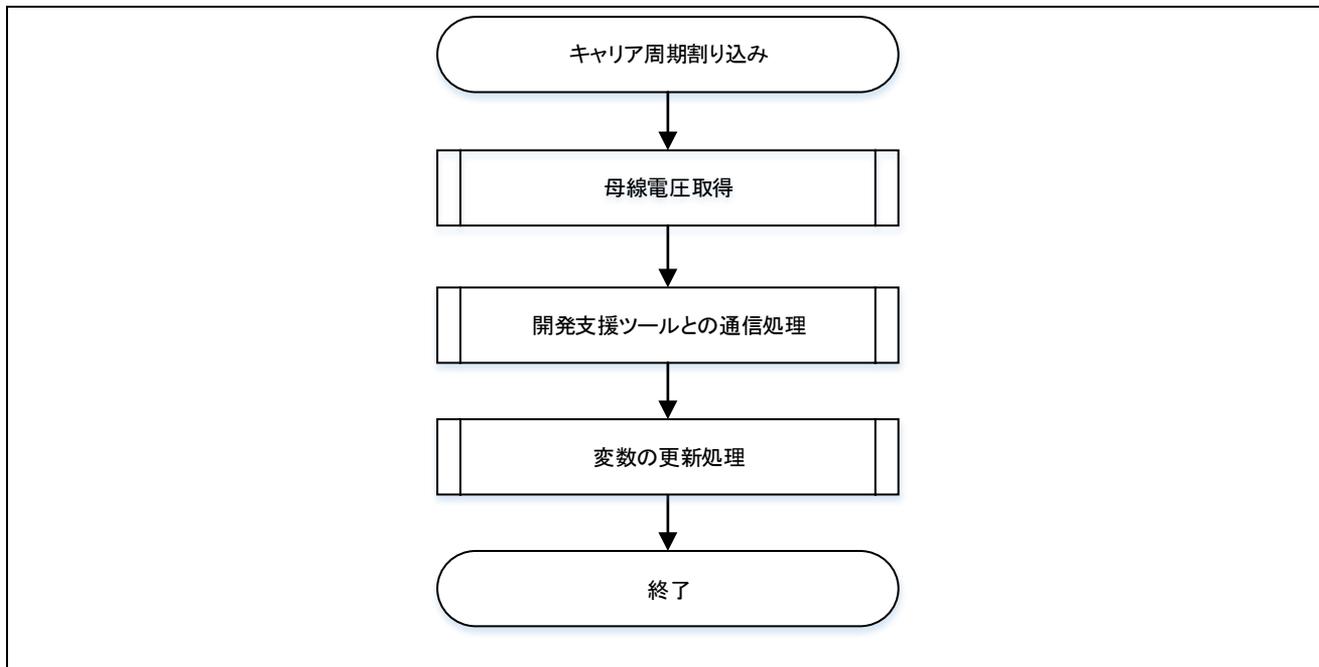


図 3-8 50 [μs]周期割り込み処理フローチャート

3.6.3 1 [ms]割り込み処理

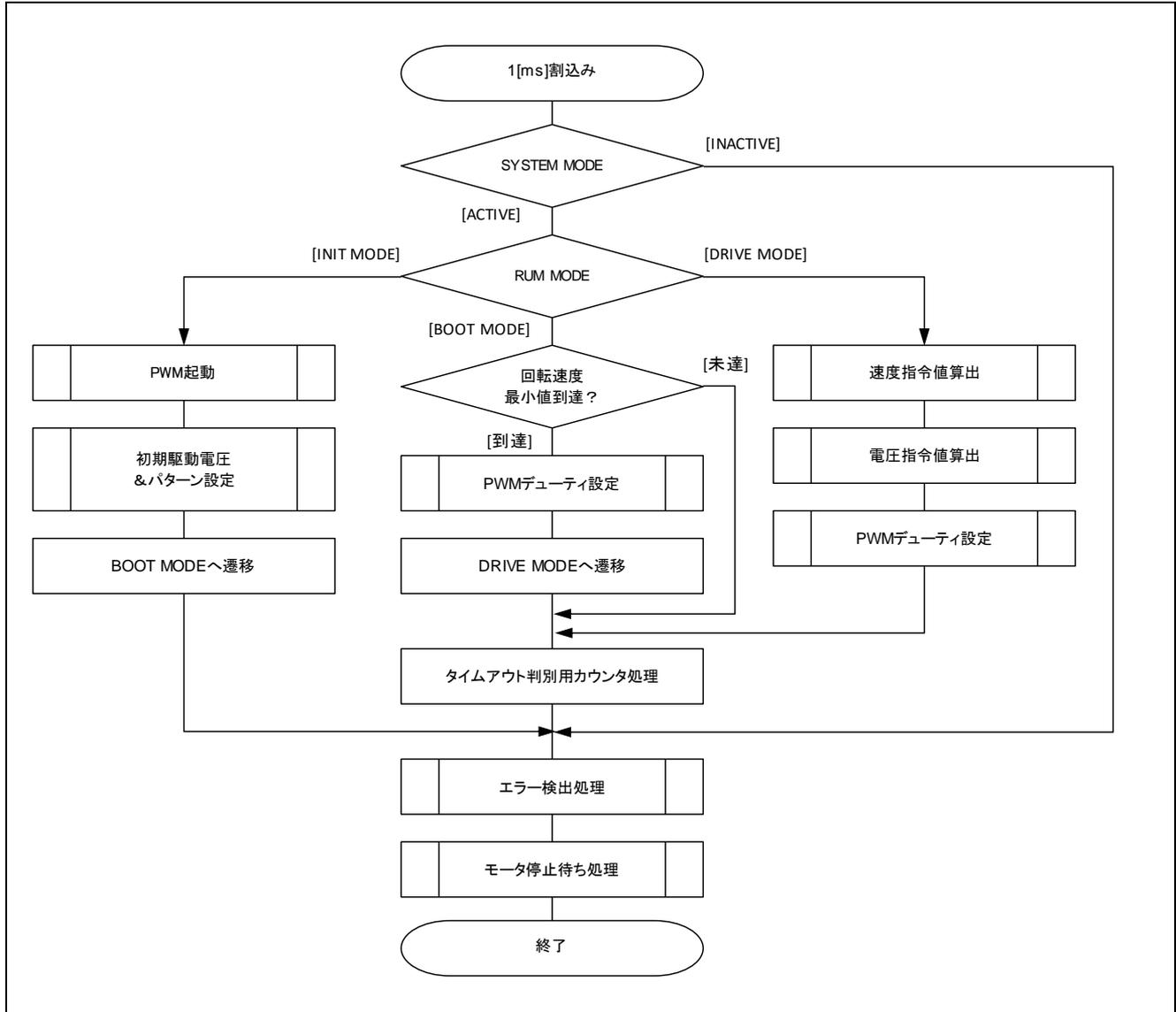


図 3-9 1 [ms] 割り込み処理フローチャート

3.6.4 過電流割り込み処理



図 3-10 過電流検出割り込み処理フローチャート（外部回路使用時）

3.6.5 ホールセンサ信号割り込み処理 (共通部)

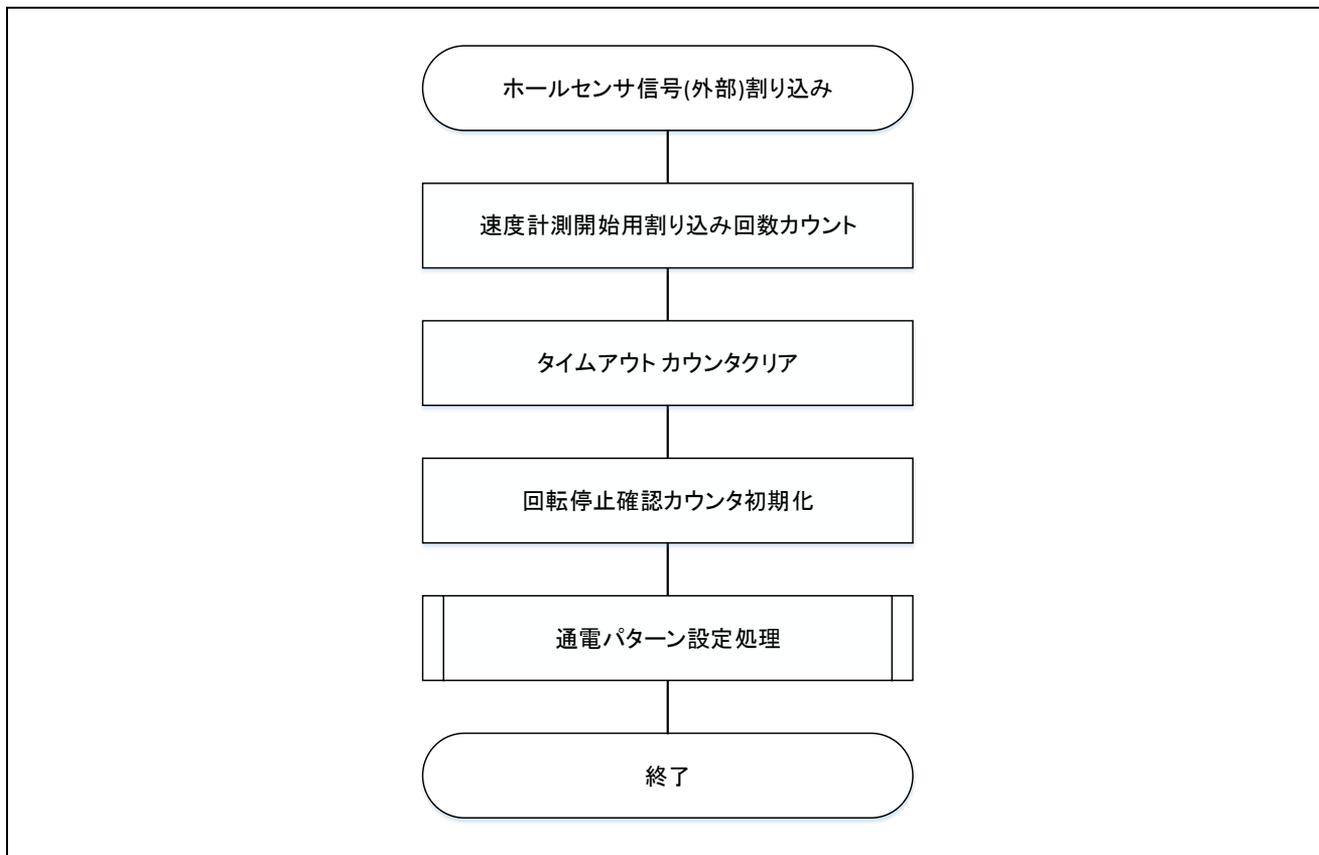


図 3-11 ホールセンサ信号割り込み処理(共通部)フローチャート

## 4. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」

### 4.1 概要

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムでは、モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」をユーザインタフェース(回転/停止指令、回転速度指令等)として使用します。使用方法などの詳細は「Renesas Motor Workbench V.1.00 ユーザーズマニュアル」を参照してください。

モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」は弊社 WEB サイトより入手してください。

### Main Window

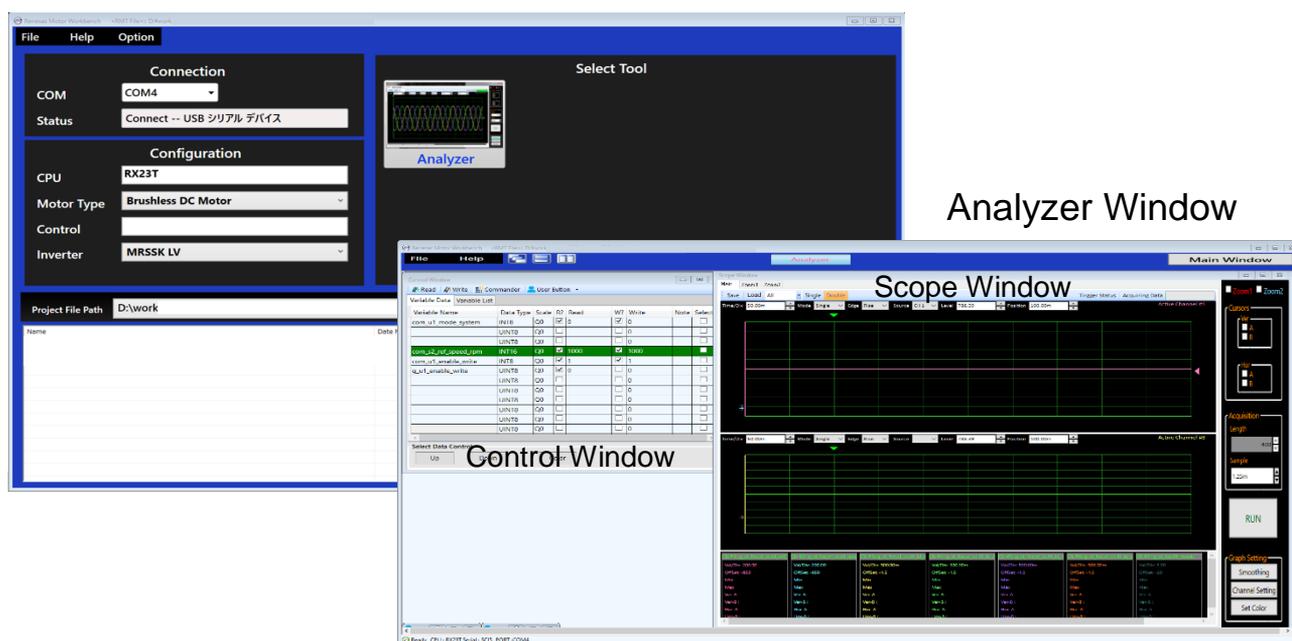


図 4-1 Renesas Motor Workbench 外観

### モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench」の使い方



- ① ツールアイコン  をクリックしツールを起動する。
- ② Main Window の MENU バーから、[File] → [Open RMT File(O)]を選択。  
サンプルソフトフォルダの”ics”フォルダ内にある RMT ファイルを読み込む。
- ③ ”Connection”の COM で接続されたキットの COM を選択する。
- ④ 右側の Select Tool の Analyzer ボタンをクリックし、Analyzer 機能を起動する。  
(起動すると Analyzer Window 画面に切り替わります。)
- ⑤ ”4.3 Analyzer 操作例”を元にモータを駆動させる。

## 4.2 Analyzer 機能用変数一覧

Analyzer ユーザインタフェース使用時の入力用変数一覧を表 4-1 に示します。

なお、これらの変数の値は com\_s2\_enable\_write に g\_s2\_enable\_write と同じ値を書き込んだ場合に反映先変数へ反映されます。ただし、(\*)が付けられた変数は com\_s2\_enable\_write に依存しません。

また、本制御プログラムでは制御値を固定小数点演算で算出しているため、一部の変数を固定小数点数で設定します。本書では固定小数点数の小数部分のビット数を Q フォーマットで表します。Qn では小数部分のビット数が n であることを表しています。Qn 値は各変数の「スケール」欄に記載しています。

スケールされた値を参照する場合は、Control Window 上で同じ Qn 値を選択することで、スケール前の値を表示することができます。

表 4-1 Analyzer 機能入力用変数一覧

| Analyzer 機能入力用名           | 型      | スケール | 内容  | 備考<br>(【 】 : 反映先変数)       |
|---------------------------|--------|------|---|---------------------------|
| com_s2_sw_userif (*)      | int16  | -    | ユーザインタフェーススイッチ<br>0 : Analyzer 使用(デフォルト)<br>1 : ボード使用 | 【g_s2_sw_userif】          |
| com_s2_mode_system (*)    | int16  | -    | ステート管理 0 : ストップモード<br>1 : ランモード<br>3 : リセット           | 【g_s2_mode_system】        |
| com_s2_direction          | int16  | -    | 回転方向 0 : CW<br>1 : CCW                                | 【g_u1_direction】          |
| com_u2_ref_speed_rpm      | uint16 | -    | 速度指令値 (機械角) [rpm]                                     | 【g_u2_ref_speed_rad】      |
| com_s2_kp_speed           | int16  | Q16  | 速度 PI 制御比例項ゲイン  | 【g_s2_kp_speed】           |
| com_s2_ki_speed           | int16  | Q22  | 速度 PI 制御積分項ゲイン  | 【g_s2_ki_speed】           |
| com_s2_speed_lpf_k        | int16  | Q14  | 速度 LPF パラメータ  | 【g_s2_speed_lpf_k】        |
| com_s2_limit_speed_change | int16  | Q3   | 指令速度最大変更幅 (電気角) [rad/s]                               | 【g_s2_limit_speed_change】 |
| com_s2_start_ref_v        | int16  | Q7   | 始動時規定電圧   | 【g_s2_start_ref_v】        |
| com_u2_motor_pp           | uint16 | -    | モータ極対数  | 【g_u2_motor_pp】           |
| com_u1_hall_wait_cnt      | uint8  | -    | 速度計測開始待ちホール割り込み数                                      | 【g_u1_hall_wait_cnt】      |
| com_s2_enable_write       | int16  | -    | 変数書き換え許可  |                           |

### 4.3 Analyzer 操作例

Analyzer 機能を使用し、モータを操作する例を以下に示します。操作は、図 4-1 で示す “Control Window” で行います。”Control Window”の詳細は、「Renesas Motor Workbench V.1.00 ユーザーズマニュアル」を参照してください。

- モータを回転させる
  - ① “com\_s2\_mode\_system”, “com\_s2\_ref\_speed\_rpm”, “com\_s2\_enable\_write” の [W?] 欄に “チェック” が入っていることを確認する。
  - ② 指令回転速度を “com\_s2\_ref\_speed\_rpm” の [Write] 欄に入力する。
  - ③ “Write” ボタンを押す。
  - ④ “Read” ボタンを押して現在の “com\_s2\_ref\_speed\_rpm”, “g\_s2\_enable\_write” の [Read] 欄を確認する。
  - ⑤ MCU 内の変数値へ反映させるため、 “com\_s2\_enable\_write” に ② で確認した “0” or “1” と同じ値を入力する。
  - ⑥ “com\_s2\_mode\_system” の [Write] 欄に “1” を入力する。
  - ⑦ Write” ボタンを押す。

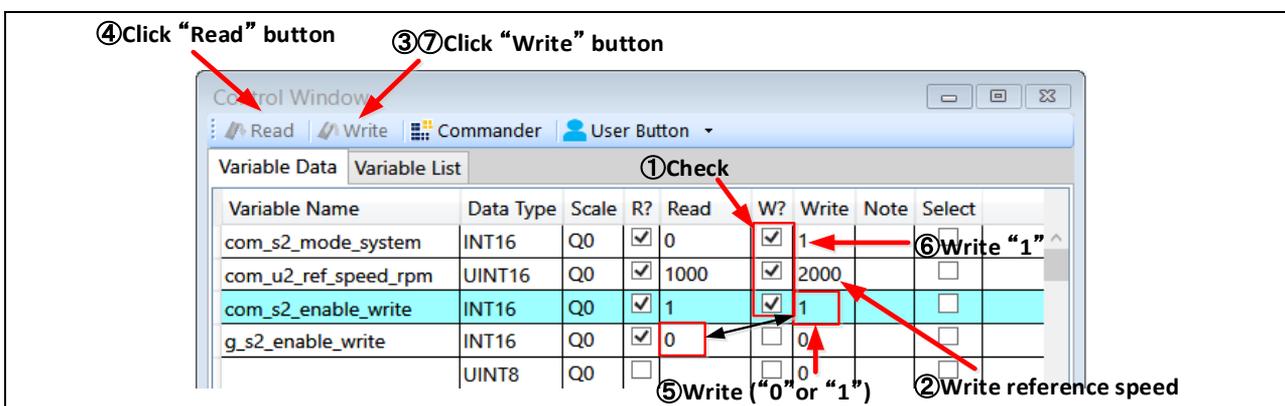


図 4-2 モータ回転の手順

- モータを停止させる
  - ① “com\_s2\_mode\_system” の [Write] 欄に “0” を入力する。
  - ② “Write” ボタンを押す。

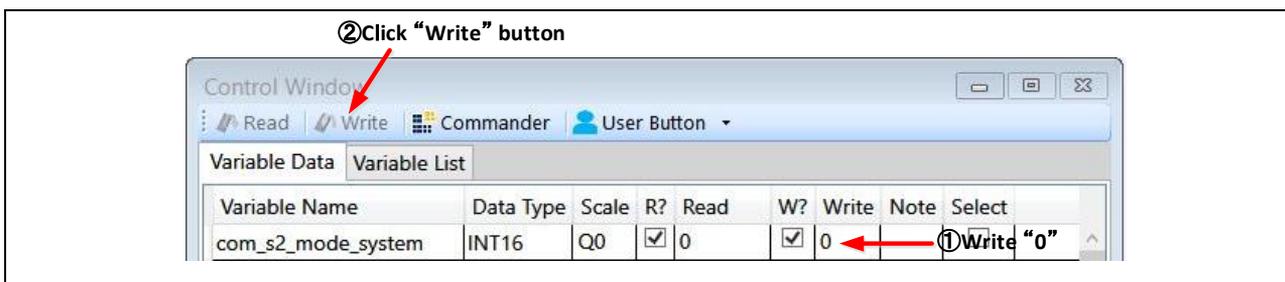


図 4-3 モータ停止の手順

- 止まってしまった(エラー)場合の処理
  - ① “com\_s2\_mode\_system” の [Write] 欄に “3” を入力する。
  - ② “Write” ボタンを押す。

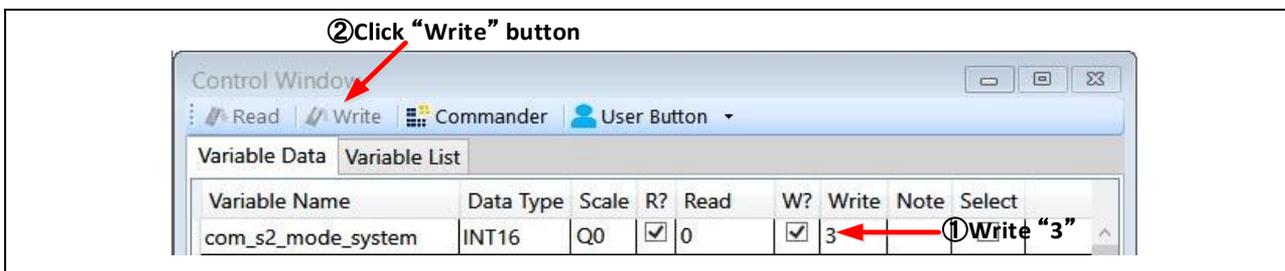


図 4-4 エラー解除の手順

## ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 改訂記録

| Rev. | 発行日        | 改訂内容 |      |
|------|------------|------|------|
|      |            | ページ  | ポイント |
| 1.00 | 2017/10/02 | －    | 新規発行 |
|      |            |      |      |

## 製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

### 1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

### 2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。

外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

### 3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

### 4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。

リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子

（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

### 5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違くと、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電气的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

## ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  2. 当社製品、本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
  3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
  4. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、その他の不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。  
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、  
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、  
金融端末基幹システム、各種安全制御装置等  
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。
  6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
  7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
  8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
  9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を、(1)核兵器、化学兵器、生物兵器等の大量破壊兵器およびこれらを運搬することができるミサイル（無人航空機を含みます。）の開発、設計、製造、使用もしくは貯蔵等の目的、(2)通常兵器の開発、設計、製造または使用の目的、または(3)その他の国際的な平和および安全の維持の妨げとなる目的で、自ら使用せず、かつ、第三者に使用、販売、譲渡、輸出、賃貸もしくは使用許諾しないでください。  
当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
  10. お客様の転売、貸与等により、本書（本ご注意書きを含みます。）記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は一切その責任を負わず、お客様にかかる使用に基づく当社への請求につき当社を免責いただきます。
  11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
  12. 本資料に記載された情報または当社製品に関し、ご不明点がある場合には、当社営業にお問い合わせください。
- 注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。
- 注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.3.0-1 2016.11)



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24（豊洲フォレシア）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。  
総合お問合せ窓口：<https://www.renesas.com/contact/>