三相誘導モータのベクトル制御（ポンプ用）

RX66T 実装編

要旨

本アプリケーションノートは RX66T マイクロコントローラを使用し、三相誘導モータ（ポンプ）をベクトル制御で駆動するサンプルプログラム及びモータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」の使用方法について説明することを目的としています。

サンプル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。サンプル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うえで御使用ください。

特に、高電圧環境の取り扱いは非常に危険です。各開発環境のユーザーズマニュアルを良くお読みのうえ、安全に御使用ください。本アプリケーションノート掲載開発環境での事故、損害等が発生した場合、一切の責任を負いません。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

- RX66T（R5F566TEADFP）

対象サンプルプログラム

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムを下記に示します。

① RX66T100_T1102_3IM_LESS_FOC_CSP_PUMP_V110
RX66T100（R5F566TEADFP）T1102 向けポンプ用三相誘導モータベクトル制御サンプルプログラム

参考資料

- RX66T グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編（R01UH0749JJ0110）
- 三相誘導モータのベクトル制御　アルゴリズム編（R01AN2193JJ0100）
- モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」
  （下記のサイトからダウンロードしてください）
  ダウンロードサイト：https://www.renesas.com/jp/ja/software/D3017783.html
- Trial series “T1102” 3kW 4kVA Inverter Unit User’s Manual
- RX66T CPU カード　取扱説明書（R12UZ0028JJ0110）

目次

1. 概説 4
1.1 開発環境 4

2. システム概要 5
2.1 ハードウェア構成 5
2.2 ハードウェア仕様 6
2.2.1 ユーザインタフェース 6
2.2.2 周辺機能 7
2.3 ソフトウェア構成 8
2.3.1 ソフトウェア・ファイル構成 8
2.3.2 モジュール構成 9
2.4 ソフトウェア仕様 10

3. 制御プログラム説明 11
3.1 制御内容 11
3.1.1 モータ操作 11
3.1.2 モータ回転速度指令値 11
3.1.3 インバータ母線電圧 11
3.1.4 相電流 11
3.1.5 センサレス制御／オープンループ切り替え 11
3.1.6 変調 12
3.1.7 アプリケーション状態遷移 14
3.1.8 モータ制御状態遷移 15
3.1.9 システム保護機能 16
3.1.10 アプリケーションエラー機能 17
3.2 ベクトル制御ソフト関数仕様 18
3.3 センサレスベクトル制御ソフト変数一覧 27
3.4 センサレスベクトル制御ソフト構造体一覧 30
3.5 センサレスベクトル制御ソフトマクロ定義 31
3.6 制御フロー（フローチャート） 42
3.6.1 メイン処理 42
3.6.2 125 [μs]周期割り込み処理 43
3.6.3 1 [ms]割り込み処理 44
3.6.4 100 [ms]割り込み処理 45
3.6.5 過電流検出を含むグループ割り込み処理 46

4. モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」 47
4.1 概要 47
4.2 RMW 使用方法 48
4.2.1 START ボタン 48
4.2.2 STOP ボタン 48
4.2.3 ERROR RESET ボタン 48
4.2.4 TIMER START ボタン 49
4.3 RMW 用変数一覧 50

ホームページとサポート窓口 51

改訂記録 52

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RX66T マイクロコントローラを使用した三相誘導モータのベクトル制御サンプルプログラムの実装方法及びモータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」注1（以降、RMW）の使用方法について説明します。なお、このサンプルプログラムは「三相誘導モータのベクトル制御　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サンプルプログラムの開発環境を表 1-1 に示します。

表 1-1　サンプルプログラムの開発環境

サンプルプログラム	マイコン	インバータボード	モータ	CS+バージョン
①	R5F566TEADFP	T1102 注2	PE2-256-0.4T 注3	V8.05.00

インバータボード T1102 の御購入、技術サポートにつきましては、弊社営業もしくは特約店にお問い合わせください。

注意 1.　モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」は、ルネサス エレクトロニクス株式会社の製品です。
ルネサス エレクトロニクス株式会社　ホームページ（https://www.renesas.com/jp/ja/）

注意 2.　インバータボード T1102 は、株式会社デスクトップラボの製品です。
株式会社デスクトップラボ　ホームページ（http://www.desktoplab.co.jp/）

注意 3.　PE2-256-0.4T は、株式会社川本製作所の製品です。
株式会社川本製作所　ホームページ（https://www.kawamoto.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。

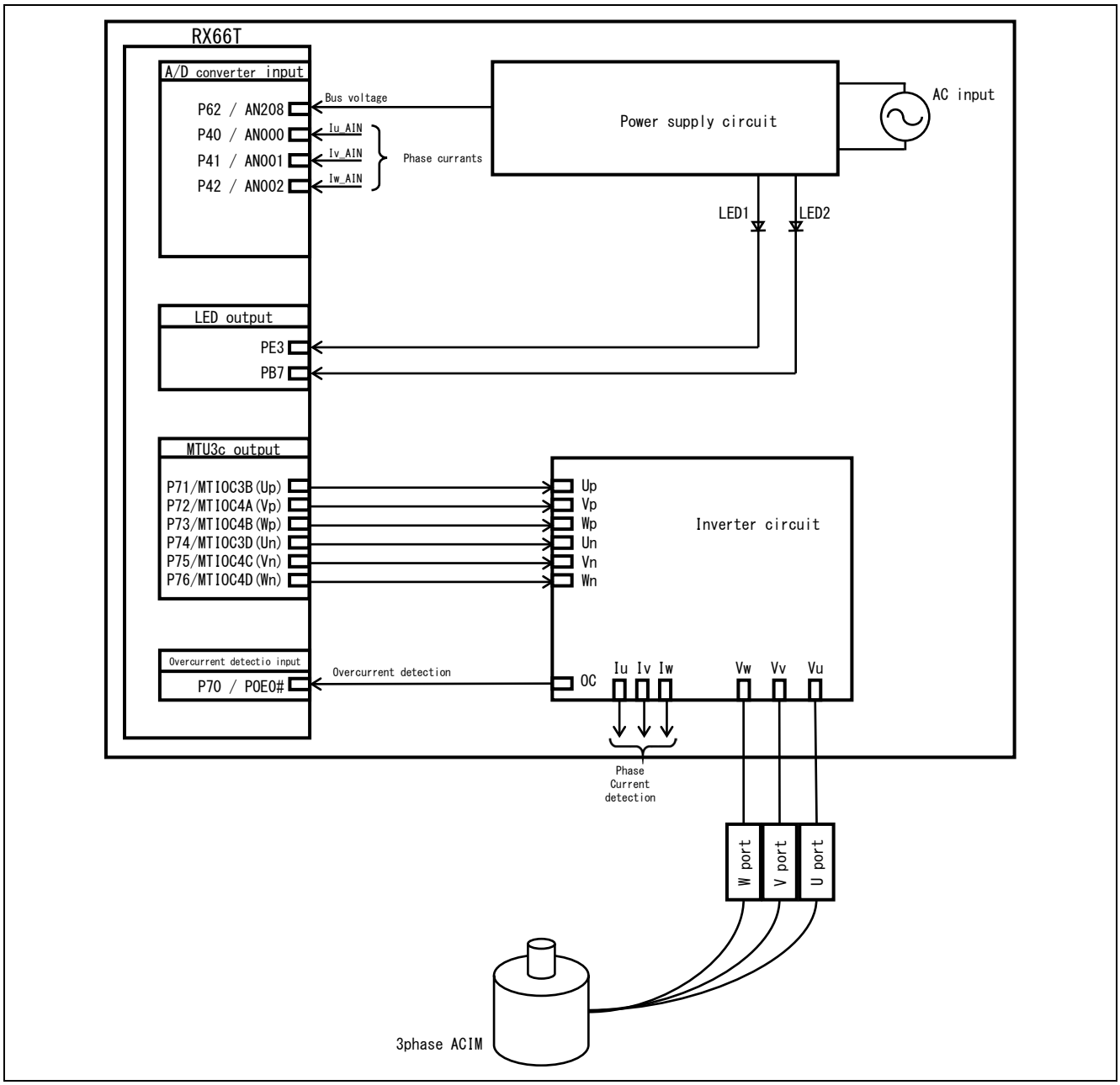

図 2-1　ハードウェア構成図

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
LED1	黄緑色 LED	● モータ回転時：点灯 ● 停止時：消灯
LED2	黄緑色 LED	● エラー検出時：点灯 ● 通常動作時：消灯
RESET	プッシュスイッチ(RESET1)	システムリセット

本システムの端子インタフェースを表 2-2 に示します。

表 2-2　端子インタフェース

R5F566TEADFP 端子名	機　能
P62 / AN208	インバータ母線電圧測定
PE3	LED1 点灯/消灯制御
PB7	LED2 点灯/消灯制御
P40 / AN000	U 相電流測定
P41 / AN001	V 相電流測定
P42 / AN002	W 相電流測定
P63 / AN209 注 1	IPM 温度測定
P71 / MTIOC3B	相補 PWM 出力 (U_p)
P72 / MTIOC4A	相補 PWM 出力 (V_p)
P73 / MTIOC4B	相補 PWM 出力 (W_p)
P74 / MTIOC3D	相補 PWM 出力 (U_n)
P75 / MTIOC4C	相補 PWM 出力 (V_n)
P76 / MTIOC4D	相補 PWM 出力 (W_n)
P70 / POE0#	過電流検出時の PWM 緊急停止入力

注意 1.　CPU ボード側で信号未接続（機能無効）

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　サンプルプログラム各周辺機能対応表

マイコン	12bit A/D	CMT	MTU3d	POE3B
RX66T	● 各 U/V/W 相電流 ● インバータ母線電圧	1 [ms]及び 100 [ms] インターバルタイマ	相補 PWM 出力	相補 PWM 出力ポートの初期化 （PWM 出力中端子をハイインピーダンス状態にし、PWM 出力を停止）

(1)　12bitA/D コンバータ

RX66T は U 相電流（I_u）、V 相電流（I_v）、W 相電流（I_w）、インバータ母線電圧（V_{dc}）を「12bit A/D コンバータ」を使用して測定します。

動作モードはユニット毎に異なり、ユニット 0 はサンプル&ホールド機能を使用した「グループスキャンモード」(同期トリガを使用)、ユニット 2 は、「連続スキャンモード」に設定します。

(2)　コンペアマッチタイマ（CMT）

コンペアマッチタイマのチャネル 0 を、1 [ms]インターバルタイマとして使用します。

コンペアマッチタイマのチャネル 1 を、100 [ms]インターバルタイマとして使用します。

(3)　マルチファンクションタイマパルスユニット 3（MTU3d）

動作モードはチャネル毎に異なり、チャネル 3、4 では相補 PWM モードを使用して、デッドタイム付きの出力（“High”アクティブ）を行います。

(4)　ポートアウトプットイネーブル 3（POE3B）

過電流検出時（POE0#端子の立ち下がりエッジ検出時）と出力短絡検出時は PWM 出力中端子をハイインピーダンス状態にし、PWM 出力を停止し、相補 PWM 出力ポートの初期化を行います。

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

サンプル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　サンプルプログラムのフォルダとファイル構成（対象ソフト①）

サンプルプログラム	フォルダ名	ファイル名	内容
RX66T100_T1102_3IM_LESS_FOC_CSP_PUMP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		mtr_api.h	アプリケーションインタフェース処理ヘッダ
		mtr_ctrl_t1102.h	ボード依存処理ヘッダ
		mtr_ctrl_rx66t100.h	RX66T 依存処理ヘッダ
		mtr_3im_less_foc.h	センサレスベクトル制御ヘッダ
		control_parameter.h	制御パラメータ用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータパラメータ用ヘッダ
		mtr_ctrl_rx66t100_t1102.h	ボード＆RX66T 依存処理ヘッダ
		r_init_clock.h	RX66T クロック初期化設定ヘッダ
		r_init_port_initialize.h	RX66T ポート初期設定ヘッダ
		r_init_rom_cache.h	RX66T ROM キャッシュ初期設定処理ヘッダ
		r_init_stop_module.h	RX66T 周辺機能の停止処理ヘッダ
	ics	ICS2_RX66T.lib	RMW 通信ライブラリ
		ICS2_RX66T.h	RMW 通信ライブラリヘッダ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_api.c	アプリケーションインタフェース処理
		mtr_ctrl_t1102.c	ボード依存処理
		mtr_ctrl_rx66t100.c	RX66T 依存処理
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_3im_less_foc.c	センサレスベクトル制御
		mtr_ctrl_rx66t100_t1102.c	ボード＆RX66T 依存処理
		r_init_clock.c	RX66T クロック初期設定処理
		r_init_port_initialize.c	RX66T ポート初期設定処理
		r_init_rom_cache.c	RX66T ROM キャッシュ初期設定処理
		r_init_stop_module.c	RX66T 周辺機能の停止処理

2.3.2　モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を図 2-2、表 2-5 に示します。

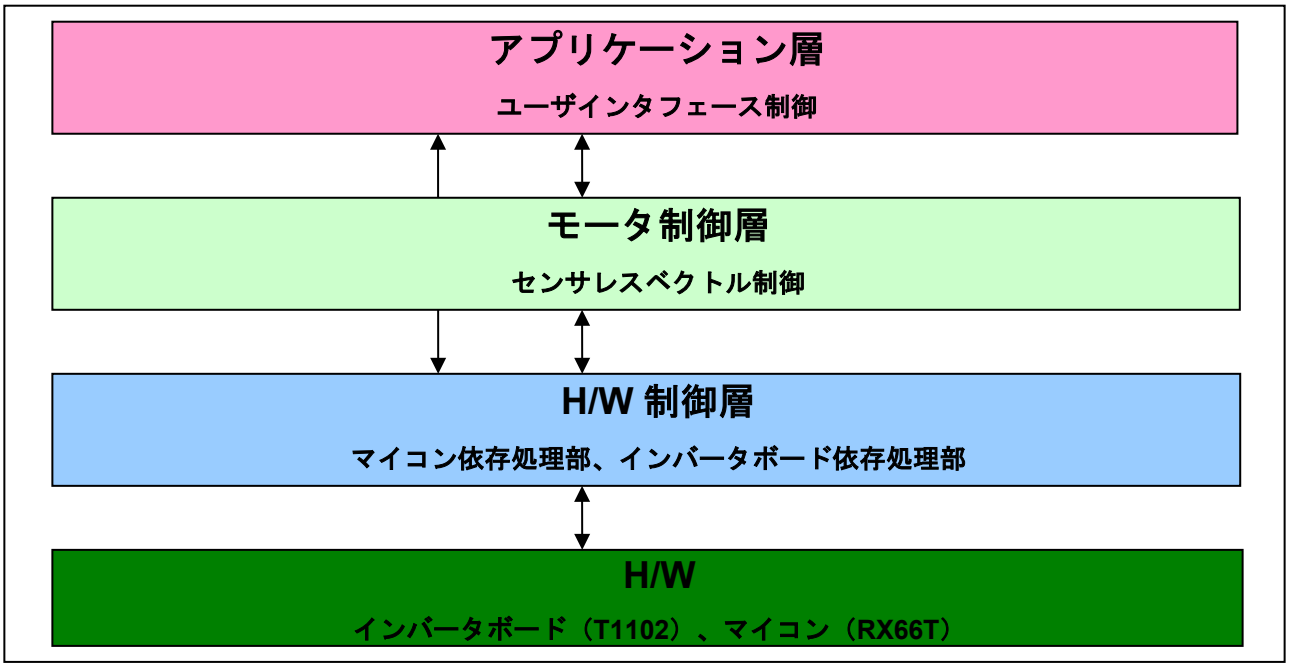

図 2-2　サンプルプログラムのモジュール構成

表 2-5　サンプルプログラムのモジュール構成

階層	ファイル
アプリケーション層	main.c mtr_api.c
モータ制御層	mtr_3im_less_foc.c
H/W 制御層	mtr_ctrl_rx66t100_t1102.c mtr_ctrl_rx66t100.c mtr_ctrl_t1102.c r_init_clock.c r_init_port_initialize.c r_init_rom_cache.c r_init_stop_module.c

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表 2-6 に示します。ベクトル制御の詳細に関しては「三相誘導モータのベクトル制御　アルゴリズム編」を参照してください。

表 2-6　ベクトル制御ソフトウェア基本仕様（対象ソフト①）

項目	内容
制御方式	ベクトル制御 （センサレス制御とオープンループを回転速度指令値に応じて切り替え）
モータ回転開始/停止	RMW より操作（表 4-1「com_u1_operation」変数参照）
回転子磁極位置検出	センサレス
入力電圧	AC220V
キャリア周波数(PWM)	16 [kHz]
制御周期	125 [μs]（キャリア周期の 2 倍）
回転速度範囲	50 [rpm]～3600 [rpm] 注 1
保護停止処理	● システム保護として以下 4 つのうちいずれかの条件のとき、モータ制御信号出力（6 本）を非アクティブにする 1. 各相の電流が 7 [A]を超過（125 [μs]毎に監視） 2. インバータ母線電圧が 420 [V]を超過（125 [μs]毎に監視） 3. インバータ母線電圧が 0 [V]未満（125 [μs]毎に監視） 4. 回転速度が 4680[rpm]を超過（125 [μs]毎に監視） ● 外部からの過電流検出信号（POE0#端子に立ち下がりエッジ）を検出した場合、PWM 出力中端子をハイインピーダンスにする ● アプリケーションエラーとして以下 2 つのうちいずれかの条件のとき、モータ制御信号出力（6 本）を非アクティブにする 1. 過負荷エラー：モータの合成電流が 6 [A]以上（メイン・ループ内で監視） 2. 空運転エラー：回転速度が 2000 [rpm]以上の場合に、モータの合成電流が 1 [A]以下（メイン・ループ内で監視）

注意 1.　使用する環境により、指令速度と実速度に差が発生する場合があります。

3. 制御プログラム説明

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムについて説明します。

3.1 制御内容

3.1.1 モータ操作

RMW を使用して、モータ操作用変数「com_u1_operation」の下位 3bit に値を入力することで、モータの操作を行います。com_u1_operation はメインループ内で読み込みを行い、変数の各 bit に対応した操作を行います。

各 bit に値を入力した際の動作を以下に示します。

bit0：「0」書き込みでモータ停止、「1」書き込みでモータ起動

bit1：「0」書き込みでタイマ制御無効、「1」書き込みでタイマ制御有効

タイマ制御が有効な場合、一定周期でモータ起動と停止を繰り返します。

bit2：「0」から「1」へ値が変化した場合、エラーリセット

エラーモード時に、「0」から「1」へ値を変化させると、エラーのリセットを実行します。

3.1.2 モータ回転速度指令値

RMW を使用して、速度指令値用変数「com_s2_ref_speed_rpm」に値を設定することで、回転速度を設定します。rpm の単位の値を速度指令値用変数に設定します。

3.1.3 インバータ母線電圧

以下の表のように、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検出（異常時は PWM 停止）に使用します。

表 3-1　インバータ母線電圧の変換比

項　目	サンプル プログラム	変換比 （インバータ母線電圧：A/D 変換値）	チャネル
インバータ母線電圧	①	0 [V]～686.5 [V]：0000H～0FFFH	AN208

3.1.4 相電流

以下の表のように、U 相、V 相、W 相電流を測定し、ベクトル制御、過電流検出に使用します。

表 3-2　U、V、W 相電流の変換比

項　目	サンプル プログラム	変換比 （U 相、V 相、W 相電流：A/D 変換値）	チャネル
U 相、V 相、W 相電流	①	-50 [A]～50 [A]：0000H～0FFFH	Iu : AN000 Iv : AN001 Iw: AN002

3.1.5 センサレス制御／オープンループ切り替え

低速域ではオープンループモードを使用し、中高速域ではセンサレス制御を使用します。

モータ回転速度指令値に応じて制御の切り替えを行います。

3.1.6　変調

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、モータの入力電圧（インバータの出力電圧）はパルス幅変調（以降、PWM）を用いて生成しております。PWM のパルス幅は、指令値電圧波形と三角波の比較結果により決定します。

(1)　三角波比較法

指令値電圧を実際に出力する方法の一つとして、キャリア波形（三角波）と指令値電圧波形を比較することで出力電圧のパルス幅を決める三角波比較法があります。指令値電圧がキャリア波電圧より大きければスイッチをオン、小さければオフにすることで、正弦波状の指令値電圧を擬似的に出力することができます。

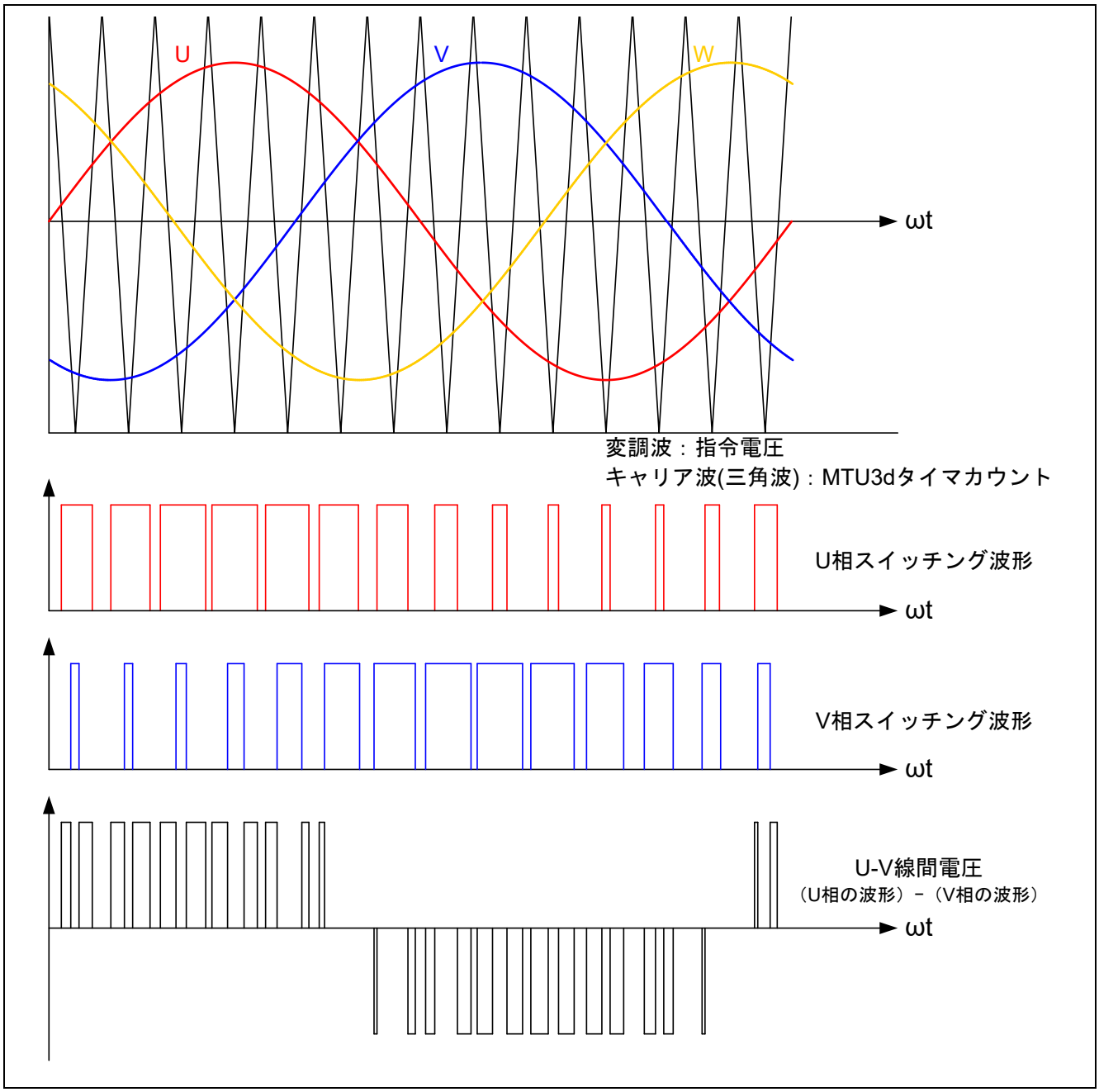

図 3-1　三角波比較法の概念図

ここで、図 3-2 のように、出力電圧パルスのキャリア波に対する割合をデューティと呼びます。

$$\text{デューティ} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100[\%]$$

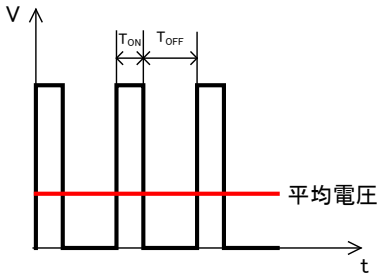

図 3-2　デューティの定義

また、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に反映させることで所望の制御を行います。

3.1.7　アプリケーション状態遷移

図 3-3 にセンサレスベクトル制御ソフトにおけるアプリケーションの状態遷移図を示します。

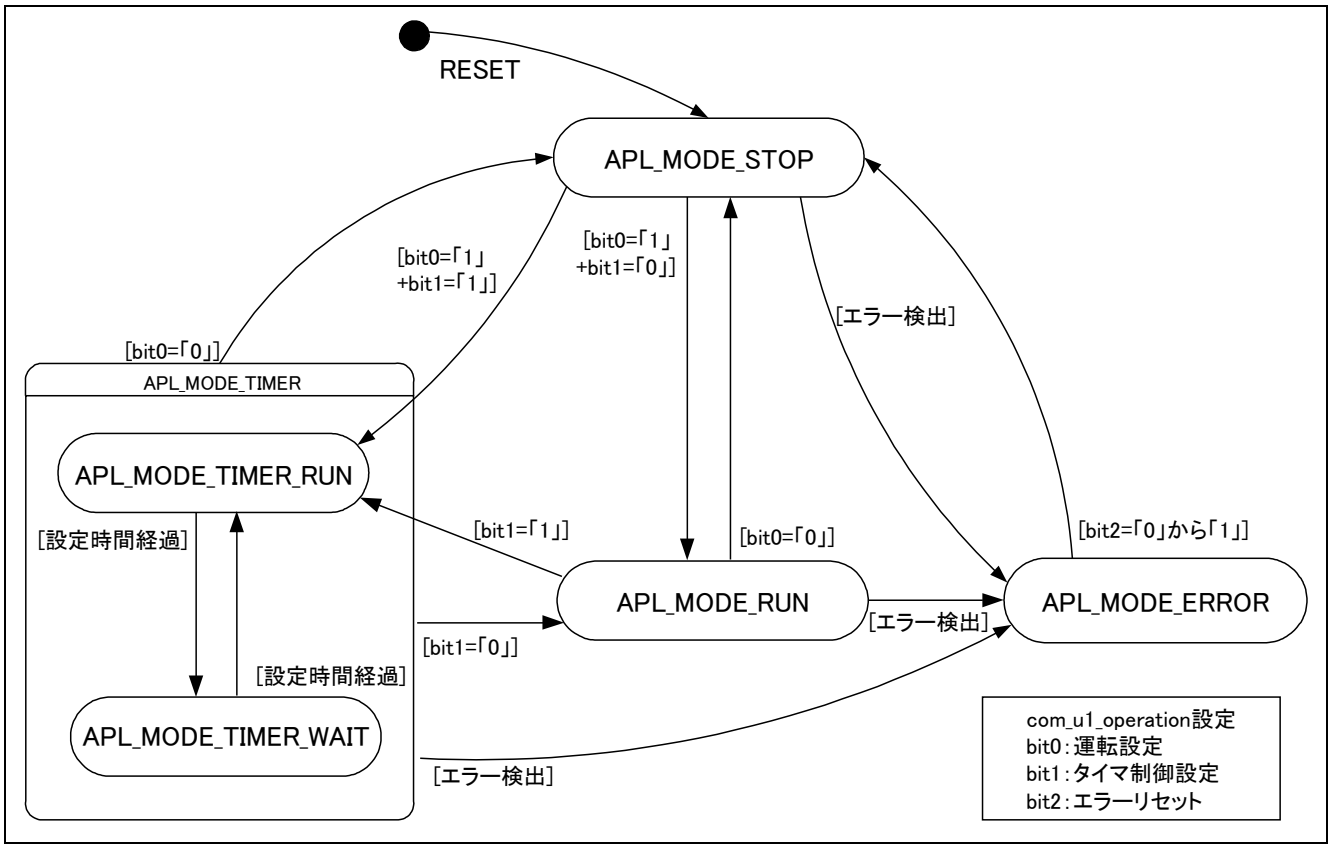

図 3-3　センサレスベクトル制御ソフトのアプリケーション状態遷移図

3.1.8　モータ制御状態遷移

図 3-4 にセンサレスベクトル制御ソフトにおけるモータ制御の状態遷移図を示します。

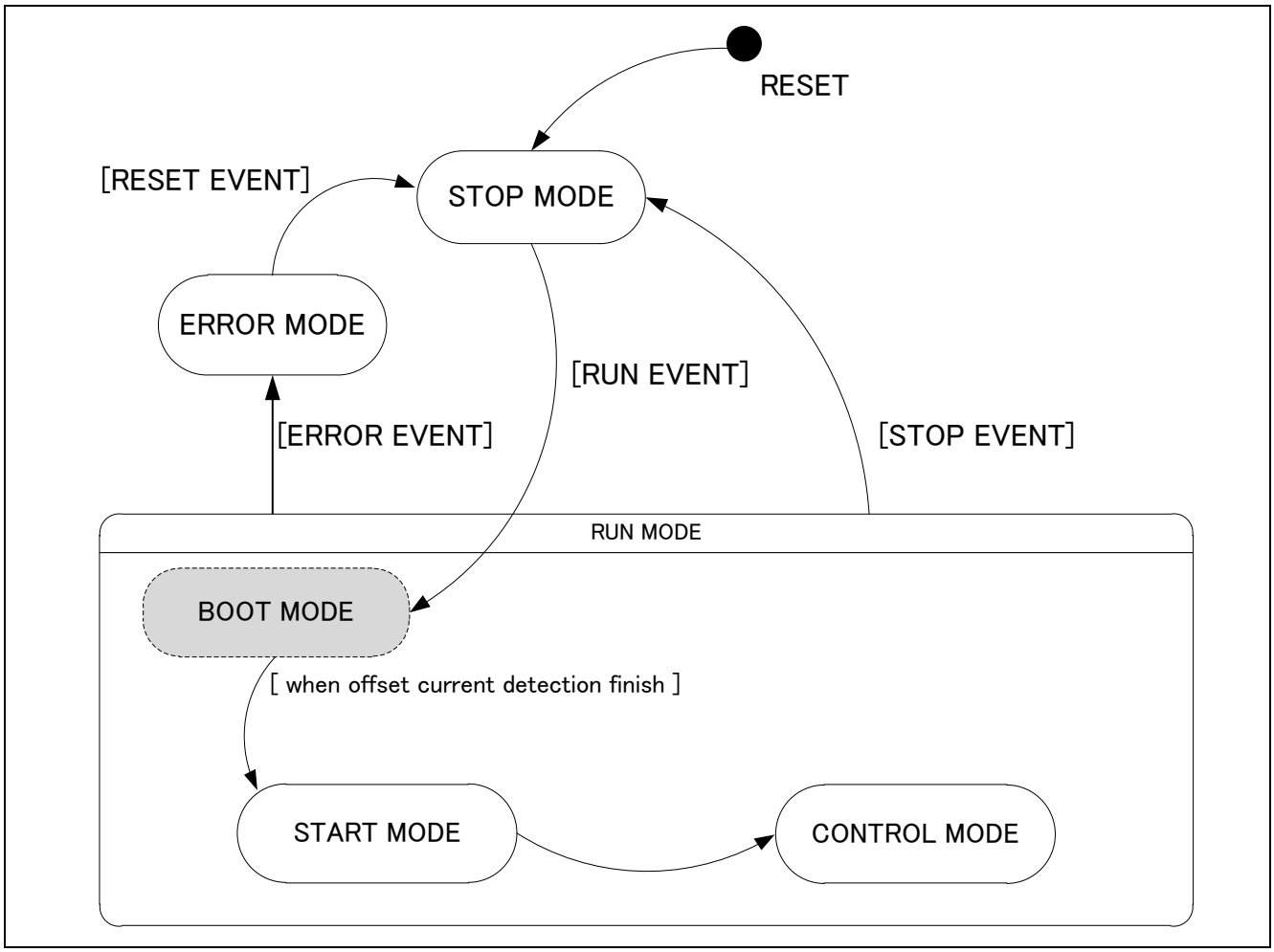

図 3-4　センサレスベクトル制御ソフトのモータ制御状態遷移図

3.1.9　システム保護機能

本制御プログラムは、以下 4 種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表 3-3 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。
  また、過電流監視周期で U 相、V 相、W 相電流を監視し、過電流（過電流リミット値超過）の際、緊急停止します。（ソフトウェア検出）
- 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（過電圧リミット値超過）の際、緊急停止します。
- 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（低電圧リミット値未満）の際、緊急停止します。
- 回転速度エラー
  回転速度監視周期で速度を監視し、速度リミット値超過の際、緊急停止します。

表 3-3　各システム保護機能設定値

エラー	項目	設定値
過電流エラー	過電流リミット値 [A]	7
	監視周期 [μs]	125
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	420
	監視周期 [μs]	125
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	0
	監視周期 [μs]	125
回転速度エラー	速度リミット値 [rad/s]（電気角）	490
	監視周期 [μs]	125

3.1.10 アプリケーションエラー機能

本制御プログラムは、以下の 2 種のアプリケーションエラーを検出します。それぞれの場合に緊急停止機能を実現しています。各設定値は表 3-4 を参照してください。

- 過負荷エラー
  メイン・ループ内でモータの合成電流を監視し、過負荷（過負荷判定電流リミット値以上）の際、緊急停止します。
- 空運転エラー
  メイン・ループ内でモータの合成電流を監視し、空運転（空運転判定開始速度以上で空運転判定電流リミット値以下）の際、緊急停止します。

表 3-4　各アプリケーションエラー設定値

エラー	項目	設定値
過負荷エラー	過負荷判定電流リミット値 [A]	6
空運転エラー	空運転判定電流リミット値 [A]	1
	空運転判定開始速度 [rpm]	2000

3.2　ベクトル制御ソフト関数仕様

本制御プログラムでは、複数の制御関数を使用しています。制御関数の一覧を以下に示します。

より詳細な処理については、フローチャート、またはソースファイルを参照してください。

表 3-5　制御関数一覧（1/9）

ファイル名	関数名	処理概要
main.c	main 入力：なし 出力：なし	● ハードウェア初期化関数呼び出し ● ユーザインタフェース初期化関数呼び出し ● メイン処理使用変数初期化関数呼び出し ● 状態遷移及びイベント実行関数呼び出し ● メイン処理 ⇒メイン処理実行関数呼び出し ⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し
	ics_ui 入力：なし 出力：なし	モータ制御ソフトユーザーインターフェース ユーザインターフェースに RMW を使用
	software_init 入力：なし 出力：なし	メイン処理にて使用する変数の初期化
	APL_mode_stop 入力：なし 出力：なし	アプリケーション状態が停止モード時の処理
	APL_mode_run 入力：なし 出力：なし	アプリケーション状態が運転モード時の処理
	APL_mode_timer_run 入力：なし 出力：なし	アプリケーション状態がタイマ制御運転モード時の処理
	APL_mode_timer_wait 入力：なし 出力：なし	アプリケーション状態がタイマ制御運転待ちモード時の処理
	APL_mode_error 入力：なし 出力：なし	アプリケーション状態がエラーモード時の処理

表 3-5　制御関数一覧（2/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_api.c	API_set_start 入力：なし 出力：(uint16) u2_result / 実行結果	モータ制御の開始
	API_set_stop 入力：なし 出力：(uint16) u2_result / 実行結果	モータ制御の停止
	API_set_reset 入力：なし 出力：なし	モータ制御のリセット
	API_get_status 入力：なし 出力：(uint8) u1_result / モータ制御状態	モータ制御の状態取得
	API_get_error 入力：なし 出力：(uint8) u1_error_status / エラー状態	モータ制御の異常情報取得
	API_set_speed 入力：(uint16) u2_temp / 回転速度指令 出力：(uint16) u2_result / 実行結果	モータ制御の回転速度指令を設定
	API_get_motor_current 入力：なし 出力：(float32) f4_i1_lpf / モータの合成電流	モータの合成電流の取得

表 3-5　制御関数一覧（3/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_t1102.c	R_MTR_ChargeCapacitor 入力：なし 出力：なし	平滑コンデンサ充電時間待機
	ic_gate_on 入力：なし 出力：なし	突入電流防止のためのゲート信号 ON
	led1_on 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_on 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led1_off 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_off 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯
	get_sw1 入力：なし 出力：(uint8) u1_temp / SW1 状態	SW1 状態の取得
	get_sw2 入力：なし 出力：(uint8) u1_temp / SW2 状態	SW2 状態の取得
	get_sw3 入力：なし 出力：(uint8) u1_temp / SW3 状態	SW3 状態の取得
	get_vr1 入力：なし 出力：(uint16) u2_temp / 回転速度指令	回転速度指令 A/D 変換値

表 3-5　制御関数一覧（4/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rx66t100.c	R_MTR_InitHardware 入力：なし 出力：なし	クロックと周辺機能の初期化
	mtr_init_cmt 入力：なし 出力：なし	CMT の初期化
	mtr_init_poe3 入力：なし 出力：なし	POE3B の初期化
	init_wdt 入力：なし 出力：なし	WDT の初期化
	clear_wdt 入力：なし 出力：なし	WDT クリア
	mtr_clear_oc_flag 入力：なし 出力：なし	ハイインピーダンス状態解除
	mtr_clear_cmt0_flag 入力：なし 出力：なし	CMT0 割り込みフラグクリア
	mtr_clear_cmt1_flag 入力：なし 出力：なし	CMT1 割り込みフラグクリア

表 3-5　制御関数一覧（5/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_groupBL1_interrupt 入力：なし 出力：なし	過電流検出を含むグループ割り込み ● 過電流検出処理の呼び出し
	mtr_over_current_interrupt 入力：なし 出力：なし	過電流検出処理 ● イベント処理選択関数呼び出し ● モータステータス変更 ● ハイインピーダンス状態解除関数呼び出し
	mtr_mtu4_interrupt 入力：なし 出力：なし	125 [μs]毎に呼び出し ● ベクトル制御 ● センサレス制御処理の呼び出し ● オープンループ制御処理の呼び出し
	mtr_less_foc_interrupt 入力：なし 出力：なし	センサレス制御処理 ● 電流 PI 制御 ● 電圧演算
	mtr_open_loop_interrupt 入力：なし 出力：なし	オープンループ制御処理 ● 電流 PI 制御 ● 電圧演算
	mtr_cmt0_interrupt 入力：なし 出力：なし	1 [ms]毎に呼び出し ● 始動制御 ● 速度 PI 制御
	mtr_cmt1_interrupt 入力：なし 出力：なし	100 [ms]毎に呼び出し ● タイマ制御カウント処理 ● エラー判定開始カウント処理

表 3-5　制御関数一覧（6/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_3im_less_foc.c	R_MTR_InitSequence 入力：なし 出力：なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent 入力：(uint8)u1_event / 発生イベント 出力：なし	● モータステータスの変更を行う ● 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
	mtr_act_run 入力：(uint8)u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	● モータ起動時変数初期化関数呼び出し ● モータ制御開始関数呼び出し
	mtr_act_stop 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 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_act_none 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	処理なし
	mtr_act_reset 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	グローバル変数の初期化
	mtr_act_error 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 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_start_init 入力：なし 出力：なし	モータ起動時に必要な変数だけ初期化
	mtr_stop_init 入力：なし 出力：なし	モータ停止時の変数初期化
	mtr_pi_ctrl 入力：MTR_PI_CTRL *pi_ctrl/ PI 制御用構造体 出力：(float32)f4_ref / PI 制御出力値	PI 制御
	mtr_set_variables 入力：なし 出力：なし	モータ変数の設定
	R_MTR_IcsInput 入力：MTR_ICS_INPUT *ics_input / ICS 用構造体 出力値：なし	バッファの設定
	R_MTR_SetSpeed 入力：(float32)ref_speed / 回転速度指令値 出力：なし	回転速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir 入力：(uint8) dir/ 回転方向 出力：なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed 入力：なし 出力：(float32) f4_speed_rpm / 速度	速度演算値の取得
	R_MTR_GetDir 入力：なし 出力：(uint8) g_u1_direction	回転方向の取得
	R_MTR_GetStatus 入力：なし 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

表 3-5　制御関数一覧（7/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_3im_less_ foc.c	mtr_error_check 入力：なし 出力：なし	エラーの監視と検出
	mtr_set_speed_ref 入力：なし 出力：なし	速度制御用指令値の設定
	mtr_set_iq_ref 入力：なし 出力：なし	δ軸電流指令値の設定
	mtr_set_id_ref 入力：なし 出力：なし	γ軸電流指令値の設定
	mtr_calc_mod 入力：(float32) f4_vu / U 相電圧 ：(float32) f4_vv / V 相電圧 ：(float32) f4_vw / W 相電圧 ：(float32) f4_vdc/ 母線電圧 出力：なし	変調率の計算

表 3-5　制御関数一覧（8/9）

ファイル名	関数名	処理概要
mtr_ctrl_rx66t_ t1102.c	mtr_init_mtu 入力：なし 出力：なし	MTU3d の初期設定
	mtr_init_io_port 入力：なし 出力：なし	IO ポートの初期設定
	mtr_init_ad_converter 入力：なし 出力：なし	A/D コンバータの初期設定
	init_ui 入力：なし 出力：なし	UI の初期化
	mtr_ctrl_start 入力：なし 出力：なし	モータ起動処理
	mtr_ctrl_stop 入力：なし 出力：なし	モータ停止処理
	mtr_get_iuiviwvdc 入力：(float32) *f4_iu_ad / U 相電流 A/D 変換値 ：(float32) *f4_iv_ad / V 相電流 A/D 変換値 ：(float32) *f4_iw_ad / W 相電流 A/D 変換値 ：(float32) *f4_vdc_ad / Vdc A/D 変換値 出力：なし	U 相電流、V 相電流、W 相電流、インバータ母線電圧 A/D 変換
	mtr_get_ipm_temperature 入力：なし 出力：(int16) s2_temp/IPM 温度電圧変換値	IPM 温度 A/D 変換
	mtr_clear_mtu4_flag 入力：なし 出力：なし	割り込みフラグクリア
	mtr_inv_set_uvw 入力：(float32)f4_modu /U 相変調率 ：(float32)f4_modv /V 相変調率 ：(float32)f4_modw /W 相変調率 出力：なし	PWM 出力設定
	mtr_init_register 入力：なし 出力：なし	PWM 初期設定

表 3-5　制御関数一覧（9/9）

ファイル名	関数名	処理概要
r_init_clock.c	R_INIT_Clock 入力：なし 出力：なし	クロック初期設定
	CGC_oscillation_main 入力：なし 出力：なし	メインクロックの発振設定
	CGC_oscillation_PLL 入力：なし 出力：なし	PLL クロックの発振設定
	CGC_oscillation_HOCO 入力：なし 出力：なし	HOCO クロックの発振設定
r_init_port_initialize.c	R_INIT_Port_Initialize 入力：なし 出力：なし	存在しないポートの初期設定
r_init_rom_cache.c	R_INIT_ROM_Cache 入力：なし 出力：なし	ROM キャッシュの初期設定
r_init_stop_module.c	R_INIT_StopModule 入力：なし 出力：なし	リセット後に動作している周辺機能の停止

3.3　センサレスベクトル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。

表 3-6　変数一覧（1/3）

変数名	型	内容	備考
g_u1_motor_status	uint8	モータ制御状態	0：ストップモード 1：ランモード 2：エラーモード
g_u1_drive_sw_state	uint8	運転スイッチ状態	
g_u1_err_reset_sw_state	uint8	エラーリセットスイッチ状態	
g_u1_timer_mode_sw_state	uint8	タイマ制御スイッチ状態	
g_f4_ref_speed_ad	float32	回転速度指令 A/D 変換値	
g_s2_ref_speed_rpm	int16	回転速度指令値	[rpm]
apl_u1_mode_status	uint8	アプリケーション状態	0：APL_MODE_STOP 1：APL_MODE_RUN 2：APL_MODE_TIMER_RUN 3：APL_MODE_TIMER_WAIT 4：APL_MODE_ERROR
apl_u4_cnt_timer	uint32	タイマ制御モードカウンタ	
apl_u1_error	uint8	アプリケーションエラーステータス管理	0：エラーなし 1：過負荷エラー 2：空運転エラー 4：モータ制御エラー
apl_u4_err_chk_start_time	uint32	アプリケーションエラー判定開始カウンタ	
g_u2_run_mode	uint16	運転モード管理	0：ブートモード 2：コントロールモード
g_u2_ctrl_mode	uint16	制御モード	1：オープンループモード 2：センサレスベクトル制御モード
g_u1_error_status	uint8	モータ制御エラーステータス管理	1：過電流エラー 2：過電圧エラー 3：回転速度エラー 7：低電圧エラー 8：IPM 温度エラー 0xFF：未定義エラー
g_f4_vdc_ad	float32	インバータ母線電圧	[V]
g_f4_vd_ref	float32	γ軸出力電圧指令値	[V]
g_f4_vq_ref	float32	δ軸出力電圧指令値	[V]
g_f4_iu_ad	float32	U 相電流	[A]
g_f4_pre_iu_ad	float32	U 相電流前回値	[A]
g_f4_iv_ad	float32	V 相電流	[A]
g_f4_pre_iv_ad	float32	V 相電流前回値	[A]
g_f4_iw_ad	float32	W 相電流	[A]
g_f4_pre_iw_ad	float32	W 相電流前回値	[A]
g_f4_offset_iu	float32	U 相電流オフセット値	[A]
g_f4_offset_iv	float32	V 相電流オフセット値	[A]
g_f4_offset_iw	float32	W 相電流オフセット値	[A]
g_f4_id_lpf	float32	γ軸電流	[A]
g_f4_iq_lpf	float32	δ軸電流	[A]
g_f4_i1_lpf	float32	モータの合成電流	[A]

表 3-6　変数一覧（2/3）

変数名	型	内容	備考
g_f4_pre_id_lpf	float32	γ軸電流前回値	[A]
g_f4_pre_iq_lpf	float32	δ軸電流前回値	[A]
g_f4_kp_id	float32	γ軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_id	float32	γ軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_lim_id	float32	γ軸電流 PI 制御リミット値	[A]
g_f4_ilim_id	float32	γ軸電流 PI 制御積分項リミット値	[A]
g_f4_kp_iq	float32	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_iq	float32	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_lim_rotor_speed_rad	float32	回転子速度 PI 制御リミット値	電気角 [rad/s]
g_f4_ilim_rotor_speed_rad	float32	回転子速度 PI 制御積分項リミット値	電気角 [rad/s]
g_f4_id_ref	float32	γ軸電流指令値	[A]
g_f4_iq_ref	float32	δ軸電流指令値	[A]
g_f4_ref_stator_speed_rad	float32	固定子回転速度指令値	電気角 [rad/s]
g_f4_slip_speed_rad	float32	すべり速度	電気角 [rad/s]
g_f4_slip_k	float32	すべり速度ゲイン	
g_f4_speed_rad	float32	速度演算値	電気角 [rad/s]
g_f4_ref_speed_rad_pi	float32	速度 PI 制御用指令値	電気角 [rad/s]
g_f4_ref_speed_rad	float32	回転速度指令値	電気角 [rad/s]
g_f4_angle_rad	float32	回転子鎖交磁束位相	[rad]
g_f4_refu	float32	U 相電圧指令値	[V]
g_f4_refv	float32	V 相電圧指令値	[V]
g_f4_refw	float32	W 相電圧指令値	[V]
g_f4_inv_limit	float32	相電圧リミット値	[V]
g_f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF ゲイン	
g_f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF ゲイン	
g_f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF ゲイン	
g_u1_direction	uint8	回転方向	0：CW 1：CCW
g_u1_enable_write	uint8	ICS UI 用変数	
g_u2_cnt_adjust	uint16	電流オフセット計算用カウンタ	
g_u1_flag_id_ref	uint8	γ軸電流指令値管理フラグ	0：γ軸電流増加 1：γ軸電流一定 （速度制御なし） 2：γ軸電流一定 （速度制御あり）
g_f4_temp_speed_rad	float32	回転速度保存用変数	電気角 [rad/s]
g_f4_temp_ref_speed_rad	float32	回転速度指令値保存用変数	電気角 [rad/s]
g_f4_angle_compensation	float32	位相補償用定数	
g_f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット値計算時間	[ms]
g_f4_voltage_drop	float32	電圧降下補正閾値	[V]
g_f4_voltage_drop_k	float32	電圧降下補正ゲイン	
g_f4_modu	float32	U 相変調率	
g_f4_modv	float32	V 相変調率	
g_f4_modw	float32	W 相変調率	
rotor_speed	MTR_PI_CTRL	回転子速度 PI 制御用構造体	
id_ACR	MTR_PI_CTRL	γ軸電流 PI 制御用構造体	

表 3-6　変数一覧（3/3）

変数名	型	内容	備考
g_f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	
g_f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	
g_f4_lim_iq	float32	δ軸電流 PI 制御リミット値	[A]
g_f4_ilim_iq	float32	δ軸電流 PI 制御積分項リミット値	[A]
g_f4_max_speed_rad	float32	回転速度指令最大値	[rad/s]
g_f4_min_speed_rad	float32	回転速度指令最小値	[rad/s]
g_u1_dir_buff	uint8	指令回転方向保存用変数	0：CW 1：CCW
g_f4_id_ref_buff	float32	γ軸電流指令値保存用変数	[A]
g_f4_iq_ref_buff	float32	δ軸電流指令値保存用変数	[A]
g_u1_flag_iq_ref	uint8	δ軸電流指令値管理フラグ	0：δ軸電流 0 1：速度 PI 出力
g_u1_flag_speed_ref	uint8	回転速度指令値管理フラグ	0：速度 0 1：速度変化
mtr_p	MTR_PARAMETER	モータパラメータ及び制御パラメータ	
g_u1_flag_offset_calc	uint8	電流オフセット値計算フラグ	0：ブートモード移行時計算 1：ブートモード移行時計算（初回のみ）
g_f4_boot_id_up_step	float32	始動時γ軸電流加算値	[A]
g_f4_fluctuation_limit	float32	速度ゆらぎリミット値	[rad/s]
g_f4_ctrl_ref_id	float32	γ軸電流指令値	[A]
g_u2_cnt_id_const	uint16	γ軸電流磁束安定待ち時間カウント	
g_f4_id_const_time	float32	γ軸電流磁束安定待ち時間	[ms]
g_f4_accel	float32	加速度	[rad/s2]
g_f4_ipm_temperature_ad	float32	IPM 温度電圧変換値	[V]
speed	MTR_PI_CTRL	速度 PI 制御用構造体	
ics_input_buff	MTR_ICS_INPUT	ICS UI 用構造体	

3.4　センサレスベクトル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 3-7　構造体一覧

	メンバ名	型	内容	備考
MTR_PI_CTRL	f4_err	float32	偏差	
	f4_kp	float32	PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki	float32	PI 制御積分項ゲイン	
	f4_limit	float32	PI 制御出力リミット値	
	f4_refi	float32	PI 制御積分項出力値	
	f4_ilimit	float32	PI 制御積分項リミット値	
MTR_PARAMETER	f4_mtr_rs	float32	固定子抵抗値	[Ω]
	f4_mtr_rr	float32	回転子抵抗値	[Ω]
	f4_mtr_m	float32	磁化インダクタンス	[H]
	f4_mtr_ls	float32	固定子漏れインダクタンス	[H]
	f4_mtr_lr	float32	回転子漏れインダクタンス	[H]
	f4_mtr_m_lr	float32	f4_mtr_m / f4_mtr_lr	
	f4_mtr_rr_lr	float32	f4_mtr_rr / f4_mtr_lr	
	f4_mtr_sigma	float32	1.0 - f4_mtr_m / f4_mtr_ls * f4_mtr_m_lr	
	f4_mtr_ls_sigma	float32	f4_mtr_ls * f4_mtr_sigma	
MTR_ICS_INPUT	s2_ref_speed	int16	回転速度指令値	機械角 [rpm]
	s2_direction	int16	回転方向	0：CW 1：CCW
	f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	
	f4_kp_iq	float32	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン	
	f4_ki_iq	float32	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン	
	f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF ゲイン	
	f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF ゲイン	
	f4_mtr_rs	float32	固定子抵抗値	[Ω]
	f4_mtr_rr	float32	回転子抵抗値	[Ω]
	f4_mtr_m	float32	磁化インダクタンス	[H]
	f4_mtr_lls	float32	固定子漏れインダクタンス	[H]
	f4_mtr_llr	float32	回転子漏れインダクタンス	[H]
	f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF ゲイン	
	s2_max_speed	int16	速度最大値	機械角 [rpm]
	s2_min_speed	int16	速度最小値	機械角 [rpm]
	f4_ctrl_ref_id	float32	γ軸電流指令値	[A]
	f4_boot_id_up_time	float32	γ軸電流起動時上昇時間	[ms]
	f4_id_const_time	float32	γ軸電流磁束安定待ち時間	[ms]
	f4_accel	float32	回転速度指令値加減速ステップ	
	f4_fluctuation_limit	float32	速度ゆらぎリミット値	[rad/s]
	f4_delay	float32	電圧出力遅れ補償係数	
	f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット調整時間	[ms]
	f4_voltage_drop	float32	電圧降下補正閾値	[V]
	f4_voltage_drop_k	float32	電圧降下補正ゲイン	

3.5　センサレスベクトル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 3-8　マクロ定義一覧（1/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	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]
	IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	速度 PI 制御比例項ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	速度 PI 制御積分項ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	速度 LPF ゲイン
	CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	電流 LPF ゲイン
	STATOR_RESISTANCE	MP_STATOR_RESISTANCE	固定子抵抗値 [Ω]
	ROTOR_RESISTANCE	MP_ROTOR_RESISTANCE	回転子抵抗値 [Ω]
	MUTUAL_INDUCTANCE	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	磁化インダクタンス[H]
	STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	MP_STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	固定子漏れインダクタンス[H]
	ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	MP_ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	回転子漏れインダクタンス[H]
	OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	電流オフセット値 LPF ゲイン
	CTRL_REF_ID	CP_CTRL_REF_ID	γ軸電流指令値 [A]
	BOOT_ID_UP_TIME	CP_BOOT_ID_UP_TIME	γ軸電流起動時上昇時間[ms]
	ID_CONST_TIME	CP_ID_CONST_TIME	γ軸電流磁束安定待ち時間[ms]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0	加速度
	FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	速度ゆらぎリミット値
	DELAY	CP_DELAY	電圧出力遅れ補償係数
	OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	電流オフセット値計算時間[ms]
	VOLTAGE_DROP	CP_VOLTAGE_DROP	電圧降下補正閾値[V]
	VOLTAGE_DROP_K	CP_VOLTAGE_DROP_K	電圧降下補正ゲイン
	POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数
	M_CW	0	回転方向
	M_CCW	1	
	ICS_INT_LEVEL	6	ICS 用割込優先レベル
	SW_ON	1	“High”アクティブ
	SW_OFF	0	

表 3-8　マクロ定義一覧（2/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	VR1_SCALING	4000.0/4095.0	回転速度指令スケール
	APL_MODE_STOP	0	停止状態
	APL_MODE_RUN	1	運転状態
	APL_MODE_TIMER_RUN	2	タイマ制御運転状態
	APL_MODE_TIMER_WAIT	3	タイマ制御運転待ち状態
	APL_MODE_ERROR	4	エラー状態
	APL_NO_ERROR	0x00	エラー発生なし
	APL_OVERCURRENT_ ERROR	0x01	過負荷エラー（過大電流）
	APL_UNDERCURRENT_ ERROR	0x02	空運転エラー（過小電流）
	APL_CONTROLER_ERROR	0x04	モータ制御エラー
	APL_OVERCURRENT_LIMIT	6.0	過負荷判定電流リミット値 [A]
	APL_UNDERCURRENT_ LIMIT	1.0	空運転判定電流リミット値 [A]
	APL_CHK_START_UC_RPM	2000	空運転判定開始速度（機械角）[rpm]
	APL_ERR_CHK_START_ TIME	1.0	エラー判定開始時間[s]
	APL_ERR_CHK_START_ COUNT	APL_ERR_CHK_START_TIME * 10	エラー判定開始カウント
	APL_TIMER_RUN_TIME	10	タイマ制御運転時間[s]
	APL_TIMER_WAIT_TIME	10	タイマ制御運転待ち時間[s]
	APL_TIMER_RUN_COUNT	APL_TIMER_RUN_TIME * 10	タイマ制御運転カウント
	APL_TIMER_WAIT_COUNT	APL_TIMER_WAIT_TIME * 10	タイマ制御運転待ちカウント

表 3-8　マクロ定義一覧（3/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_api.h	API_MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値（機械角）[rpm]
	API_MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値（機械角）[rpm]
	API_SUCCESS	0	正常終了
	API_ERR_FAILED	-1	異常終了
	API_CONVERT_LIMIT	1	回転速度指令値設定時にリミットして終了

表 3-8　マクロ定義一覧（4/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	1	極対数
	MP_STATOR_RESISTANCE	5.15	固定子抵抗値 [Ω]
	MP_ROTOR_RESISTANCE	3.14	回転子抵抗値 [Ω]
	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	0.10	磁化インダクタンス [H]
	MP_STATOR_LEAKAGE_ INDUCTANCE	0.0088	固定子漏れインダクタンス [H]
	MP_INDUCTANCE	0.0108	回転子漏れインダクタンス [H]

表 3-8　マクロ定義一覧（5/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rx66t100_t1102.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	160.0	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	16.0	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_DEADTIME	2.5	デッドタイム [μs]
	MTR_DEADTIME_SET	MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ	デッドタイム設定値
	MTR_AD_FREQ	40.0	AD コンバータ動作周波数 [MHz]
	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE	45.0	A/D 変換サイクル数
	MTR_AD_SAMPLING_TIME	MTR_AD_SAMPLING_CYCLE / MTR_AD_FREQ	A/D 変換時間 [μs]
	MTR_AD_TIME_SET	MTR_PWM_TIMER_FREQ * MTR_AD_SAMPLING_TIME	A/D 変換時間確保用設定値
	MTR_CARRIER_SET	(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 / MTR_CARRIER_FREQ / 2) + MTR_DEADTIME_SET	キャリア設定値
	MTR_HALF_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET / 2	キャリア設定値（中間値）
	MTR_PORT_UP	PORT7.PODR.BIT.B1	U 相（正相）出力ポート
	MTR_PORT_UN	PORT7. PODR.BIT.B4	U 相（逆相）出力ポート
	MTR_PORT_VP	PORT7. PODR.BIT.B2	V 相（正相）出力ポート
	MTR_PORT_VN	PORT7. PODR.BIT.B5	V 相（逆相）出力ポート
	MTR_PORT_WP	PORT7. PODR.BIT.B3	W 相（正相）出力ポート
	MTR_PORT_WN	PORT7. PODR.BIT.B6	W 相（逆相）出力ポート
	MTR_PORT_LED1	PORTE.PODR.BIT.B3	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	PORTB.PODR.BIT.B7	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_INPUT_V	220*1.41421356	電源電圧 [V]
	MTR_IC_GATE_ON_V	MTR_INPUT_V*0.8	電源電圧*80% [V]
	MTR_HALF_VDC	MTR_INPUT_V/2.0	電源電圧/2 [V]
	MTR_ADC_SCALING	0x7FF	ADC オフセット調整用定数
	MTR_CURRENT_SCALING	100.0f/4095.0	電流 A/D 変換値分解能
	MTR_VDC_SCALING	686.0f/4095.0	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_IPMTEMPERATURE_SCALING	5.0f/4095.0	IPM 温度 A/D 変換値分解能
	MTR_OVERCURRENT_LIMIT	7.0	電流上限値 [A]
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	420.0	電圧上限値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	0.0	電圧下限値 [V]
	MTR_OVERIPMTEMPERATURE_LIMIT	3	IPM 温度上限値 [V]
	MTR_PORT_IC_GATE	PORT2.PODR.BIT.B4	突入電流防止回路用ポート
	MTR_IC_GATE_ON	1	
	MTR_PORT_SW1	PORT1.PIDR.BIT.B0	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	PORT1.PIDR.BIT.B1	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_SW3	PORT8.PIDR.BIT.B2	SW3 入力ポート

表 3-8　マクロ定義一覧（6/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_INT_DECIMATION	1	割り込み間引き回数
	MTR_CTRL_PERIOD	(MTR_INT_DECIMATION + 1)/ (MTR_CARRIER_FREQ*1000)	制御周期 [s]
	MTR_CONTROL_FREQ	(MTR_CARRIER_FREQ*1000)/ (MTR_INT_DECIMATION + 1)	制御周波数 [Hz]
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数
	MTR_RS	MP_STATOR_RESISTANCE	固定子抵抗値 [Ω]
	MTR_RR	MP_ROTOR_RESISTANCE	回転子抵抗値 [Ω]
	MTR_M	MP_MUTUAL_INDUCTANCE	磁化インダクタンス [H]
	MTR_LLS	MP_STATOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	固定子漏れインダクタンス [H]
	MTR_LLR	MP_ROTOR_LEAKAGE_INDUCTANCE	回転子漏れインダクタンス [H]
	MTR_LS	MTR_M + MTR_LLS	
	MTR_LR	MTR_M + MTR_LLR	
	MTR_M_LR	MTR_M / MTR_LR	
	MTR_RR_LR	MTR_RR / MTR_LR	
	MTR_SIGMA	1.0f - MTR_M / MTR_LS * MTR_M_LR	
	MTR_LS_SIGMA	MTR_LS * MTR_SIGMA	
	MTR_TWOPI	2*3.14159265	2π
	MTR_TWOPI_3	MTR_TWOPI/3	2π/3
	MTR_SQRT_2	1.41421356f	√2
	MTR_SQRT_3	1.7320508f	√3
	MTR_SQRT_2_3	0.81649658f	√ (2/3)
	MTR_RPM_RAD	MTR_TWOPI/60	2π/60
	MTR_IQ_PI_KP	CP_IQ_PI_KP	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_IQ_PI_KI	CP_IQ_PI_KI	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP	速度 PI 制御比例項ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI	速度 PI 制御積分項ゲイン
	MTR_SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K	速度 LPF ゲイン
	MTR_CURRENT_LPF_K	CP_CURRENT_LPF_K	電流 LPF ゲイン
	MTR_OFFSET_LPF_K	CP_OFFSET_LPF_K	電流オフセット値 LPF ゲイン
	MTR_LIMIT_ID	3.5	γ軸電流 PI 制御出力リミット値 [A]
	MTR_I_LIMIT_ID	3.5	γ軸電流 PI 制御積分項リミット値 [A]
	MTR_LIMIT_IQ	3.5	速度 PI 制御出力リミット値 [A]
	MTR_I_LIMIT_IQ	3.5	速度 PI 制御積分項リミット値 [A]
	MTR_MAX_SPEED_RPM	CP_MAX_SPEED_RPM	最大速度（機械角）[rpm]
	MTR_MAX_SPEED_RAD	MTR_MAX_SPEED_RPM*MTR_POLE_PAIRS*MTR_TWOPI/60	最大速度（電気角）[rad/s]
	MTR_MIN_SPEED_RPM	CP_MIN_SPEED_RPM	最小速度（機械角）[rpm]
	MTR_MIN_SPEED_RAD	MTR_MIN_SPEED_RPM*MTR_POLE_PAIRS*MTR_TWOPI/60	最小速度（電気角）[rad/s]

表 3-8　マクロ定義一覧（7/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_CHG_OPEN_RPM	CP_CHG_OPEN_RPM	オープンループ切り替え速度（機械角）[rpm]
	MTR_CHG_OPEN_RAD	MTR_CHG_OPEN_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI/60	オープンループ切り替え速度（電気角）[rad/s]
	MTR_CHG_FOC_RPM	CP_CHG_FOC_RPM	センサレス制御切り替え速度（機械角）[rpm]
	MTR_CHG_FOC_RAD	MTR_CHG_FOC_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI/60	センサレス制御切り替え速度（電気角）[rad/s]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_MAX_SPEED_RAD * 1.3	速度リミット値 [rad/s]
	MTR_LIMIT_ROTOR_SPEED_RAD	MTR_MAX_SPEED_RAD * 1.2	δ軸電流 PI 制御出力リミット値 [rad/s]
	MTR_I_LIMIT_ROTOR_SPEED_RAD	MTR_MAX_SPEED_RAD * 1.2	δ軸電流 PI 制御積分項リミット値 [rad/s]
	MTR_CTRL_REF_ID	CP_CTRL_REF_ID	γ軸電流指令値
	MTR_BOOT_ID_UP_TIME	CP_BOOT_ID_UP_TIME	γ軸電流起動時上昇時間 [ms]
	MTR_BOOT_ID_UP_STEP	CP_CTRL_REF_ID/MTR_BOOT_ID_UP_TIME	γ軸電流起動時上昇ステップ

表 3-8　マクロ定義一覧（8/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_3im_less_foc.h	MTR_ID_CONST_TIME	CP_ID_CONST_TIME	γ軸電流磁束安定待ち時間 [ms]
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0	加速度
	MTR_FLUCTUATION_LIMIT	CP_FLUCTUATION_LIMIT	速度ゆらぎリミット値 [rad/s]
	MTR_DELAY	CP_DELAY	位相補償用定数
	MTR_ANGLE_COMPENSATION	MTR_DELAY * MTR_CTRL_PERIOD	
	MTR_OFFSET_CALC_TIME	CP_OFFSET_CALC_TIME	電流オフセット値計算時間 [ms]
	MTR_VOLTAGE_DROP	CP_VOLTAGE_DROP	電圧降下補正閾値 [V]
	MTR_VOLTAGE_DROP_K	CP_VOLTAGE_DROP_K	電圧降下補正ゲイン
	MTR_EVERY_TIME	0	電流通常計算
	MTR_ONE_TIME	1	電流オフセット値計算（初回のみ）
	MTR_CW	0	回転方向
	MTR_CCW	1	
	MTR_FLG_CLR	0	フラグ管理
	MTR_FLG_SET	1	
	MTR_ID_UP	0	γ軸電流増加
	MTR_ID_CONST	1	γ軸電流一定
	MTR_ID_CONST_CTRL	2	通常運転
	MTR_IQ_ZERO	0	δ軸電流ゼロ
	MTR_IQ_SPEED_PI_OUTPUT	1	通常運転
	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_START_MODE	0x01	スタートモード
	MTR_CTRL_MODE	0x02	コントロールモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x02	センサレスベクトル制御モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_OVER_IPMTEMPERATURE_ERROR	0x08	IPM 温度異常エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント
	MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数

表 3-8　マクロ定義一覧（9/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
control_parameter.h	CP_ID_PI_KP	1.9	γ軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	CP_ID_PI_KI	0.08	γ軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	CP_IQ_PI_KP	1.9	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン
	CP_IQ_PI_KI	0.08	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KP	0.01	速度 PI 制御比例項ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.00013	速度 PI 制御積分項ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.3	速度 LPF ゲイン
	CP_CURRENT_LPF_K	1.0	電流 LPF ゲイン
	CP_OFFSET_LPF_K	0.1	電流オフセット値 LPF ゲイン
	CP_MAX_SPEED_RPM	3600	最大速度（機械角）[rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	50	最小速度（機械角）[rpm]
	CP_CTRL_REF_ID	2.0	γ軸電流指令値
	CP_BOOT_ID_UP_TIME	1000.0	γ軸電流起動時上昇時間 [ms]
	CP_ID_CONST_TIME	500.0	γ軸電流磁束安定待ち時間 [ms]
	CP_ACCEL_MODE0	0.1	スタートモード時の加速度 [rad/s^2]
	CP_FLUCTUATION_LIMIT	200.0	速度ゆらぎリミット値 [rad/s]
	CP_DELAY	1.0	位相遅れ補償用定数
	CP_OFFSET_CALC_TIME	256	電流オフセット値計算時間 [ms]
	CP_VOLTAGE_DROP	8.0	電圧降下補正閾値 [V]
	CP_VOLTAGE_DROP_K	100.0	電圧降下補正ゲイン
	CP_CHG_OPEN_RPM	200	オープンループ切り替え速度（機械角）[rpm]
	CP_CHG_FOC_RPM	300	センサレス制御切り替え速度（機械角）[rpm]

表 3-8　マクロ定義一覧（10/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
r_init_clock.h	B_NOT_USE	0	使用しない
	B_USE	1	使用する
	B_USE_PLL_MAIN	2	PLL クロックを使用する（クロックソース：メインクロック）
	B_USE_PLL_HOCO	3	PLL クロックを使用する (クロックソース：HOCO)
	REG_VOLSR 注 2	C0h	USB 使用有無の設定、PGA 疑似差動入力の有無と電圧レベルの設定、RIIC 使用時の VCC の電圧レベルの設定（VOLSR レジスタの設定値）
	SEL_MAIN	B_USE	メインクロックの発振／停止選択 B_USE：使用する（メインクロック発振） B_NOT_USE：使用しない（メインクロック停止）
	MAIN_CLOCK_Hz	8000000L	メインクロックの発振子周波数（Hz）
	REG_MOFCR	30h	メインクロック発振器のドライブ能力の設定（MOFCR レジスタの設定値）
	REG_MOSCWTCR	53h	メインクロックのウェイトコントロールレジスタの設定値
	REG_PLLCR 注 1, 注 2	1F11h (PLL のクロックソースが HOCO の場合) 2700h (上記以外)	PLL の入力分周比、周波数逓倍率の設定（PLLCR レジスタの設定値） 1F11h：クロックソース HOCO、2 分周、16 逓倍 2700h：クロックソースメインクロック、1 分周、20 逓倍
	SEL_PLL	B_USE_PLL_MAIN	PLL クロックの発振／停止選択 B_USE_PLL_MAIN：使用する（メイン） B_USE_PLL_HOCO：使用する（HOCO） B_NOT_USE：使用しない（PLL クロック停止）
	SEL_HOCO	B_NOT_USE	HOCO クロックの発振／停止選択 B_USE：使用する（HOCO クロック発振） B_NOT_USE：使用しない（HOCO クロック停止）

注意 1.　選択したシステムクロックのクロックソースにより、設定値が異なります。

注意 2.　このレジスタを変更する場合は、RX66T グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編に従って設定値を変更してください。

表 3-8　マクロ定義一覧（11/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
r_init_clock.h	FREQ_16MHz	00h	HOCO 周波数：16MHz
	FREQ_18MHz	01h	HOCO 周波数：18MHz
	FREQ_20MHz	02h	HOCO 周波数：20MHz
	REG_HOCOCR2	FREQ_20MHz	HOCO クロックの周波数の選択 FREQ_16MHz：16MHz FREQ_18MHz：18MHz FREQ_20MHz：20MHz
	CLK_HOCO	0100h	クロックソース：PLL
	CLK_MAIN	0200h	クロックソース：HOCO
	CLK_PLL	0400h	クロックソース：メインクロック
	SEL_SYSCLK	CLK_PLL	システムクロックのクロックソース選択 CLK_PLL：PLL CLK_HOCO：HOCO CLK_MAIN：メインクロック
	REG_SCKCR 注 1, 注 2	2082 1202h（PLL 選択時） 0080 0000h（HOCO 選択時） 0080 0000h（上記以外）	内部クロック分周比、BCLK 制御の設定 （SCKCR レジスタの設定値）
	REG_SCKCR2	0011h	USB クロック分周比 （USB を使用しない場合の設定値）
	MEMWAIT_1WAIT	0	メモリウェイトサイクル：0 ウェイト
	MEMWAIT_0WAIT	1	メモリウェイトサイクル：1 ウェイト
	REG_MEMWAIT 注 3	MEMWAIT_1WAIT	メモリウェイトサイクルの選択 MEMWAIT_0WAIT：0 ウェイト MEMWAIT_1WAIT：1 ウェイト

注意 1.　選択したシステムクロックのクロックソースにより、設定値が異なります。
注意 2.　このレジスタを変更する場合は、RX66T グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編に従って設定値を変更してください。
注意 3.　ICLK が 120MHz より速い場合は、1 ウェイトに設定してください。

表 3-8　マクロ定義一覧（12/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
r_init_port_initialize.h	WITH	1	機能あり
	WITHOUT	0	機能なし
	PGA_DEFAMP	WITH	PGA 疑似差動入力あり品または PGA 疑似差動入力なし品の選択 WITHOUT：PGA 疑似差動入力なし品 WITH：PGA 疑似差動入力あり品
	USB_MODULE	WITHOUT	USB あり品または USB なし品の選択 WITHOUT：USB なし品 WITH：USB あり品
	PIN_SIZE	100	使用する製品のピン数

表 3-8　マクロ定義一覧（13/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
r_init_rom_cache.h	CACHE_ENABLE	1	ROM キャッシュ動作許可
	CACHE_DISABLE	0	ROM キャッシュ動作禁止
	NON_CACHEABLE_AREA_DISABLE	0	ノンキャッシャブル領域無効
	NON_CACHEABLE_AREA_ENABLE	1	ノンキャッシャブル領域有効
	SEL_ROM_CACHE	CACHE_ENABLE	ROM キャッシュの動作許可／禁止 CACHE_ENABLE：動作許可 CACHE_DISABLE：動作禁止
	SEL_NON_CACHEABLE_AREA0	NON_CACHEABLE_AREA_DISABLE	ノンキャッシャブル領域 0 が有効／無効の選択 NON_CACHEABLE_AREA_ENABLE：有効 NON_CACHEABLE_AREA_DISABLE：無効
	SEL_NON_CACHEABLE_AREA1	NON_CACHEABLE_AREA_DISABLE	ノンキャッシャブル領域 1 が有効／無効の選択 NON_CACHEABLE_AREA_ENABLE：有効 NON_CACHEABLE_AREA_DISABLE：無効

表 3-8　マクロ定義一覧（14/14）

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
r_init_stop_module.h	MODULE_STOP_ENABLE	1	モジュールストップ状態へ遷移
	MODULE_STOP_DISABLE	0	モジュールストップ状態の解除
	MSTP_STATE_DMACDTC	MODULE_STOP_DISABLE	DMAC、DTC のモジュールストップ状態選択 MODULE_STOP_DISABLE：解除 MODULE_STOP_ENABLE：遷移
	MSTP_STATE_ECCRAM	MODULE_STOP_DISABLE	ECCRAM のモジュールストップ状態選択 MODULE_STOP_DISABLE：解除 MODULE_STOP_ENABLE：遷移
	MSTP_STATE_RAM	MODULE_STOP_DISABLE	RAM のモジュールストップ状態選択 MODULE_STOP_DISABLE：解除 MODULE_STOP_ENABLE：遷移

3.6　制御フロー（フローチャート）

3.6.1　メイン処理

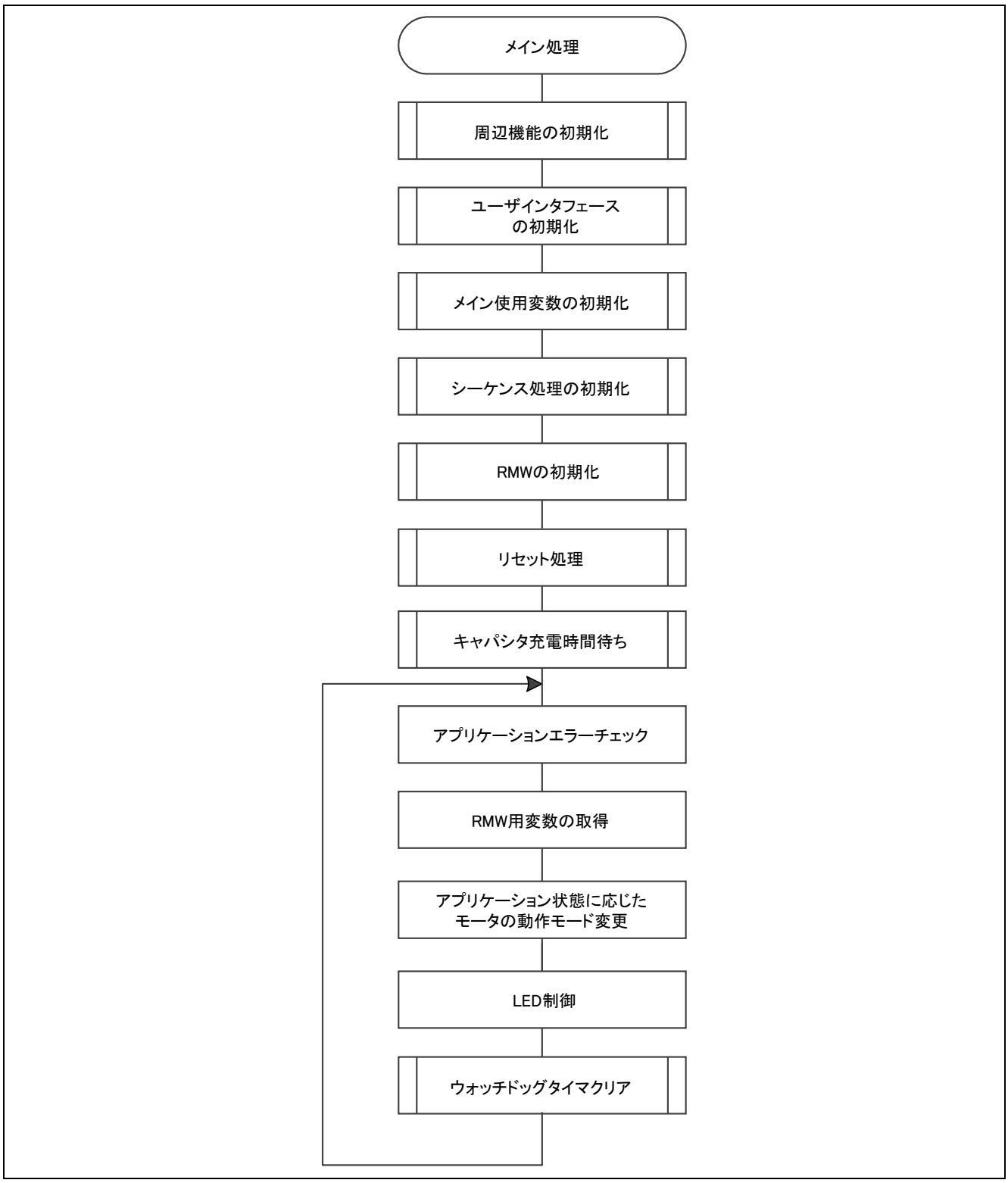

図 3-5　メイン処理

3.6.2　125 [μs]周期割り込み処理

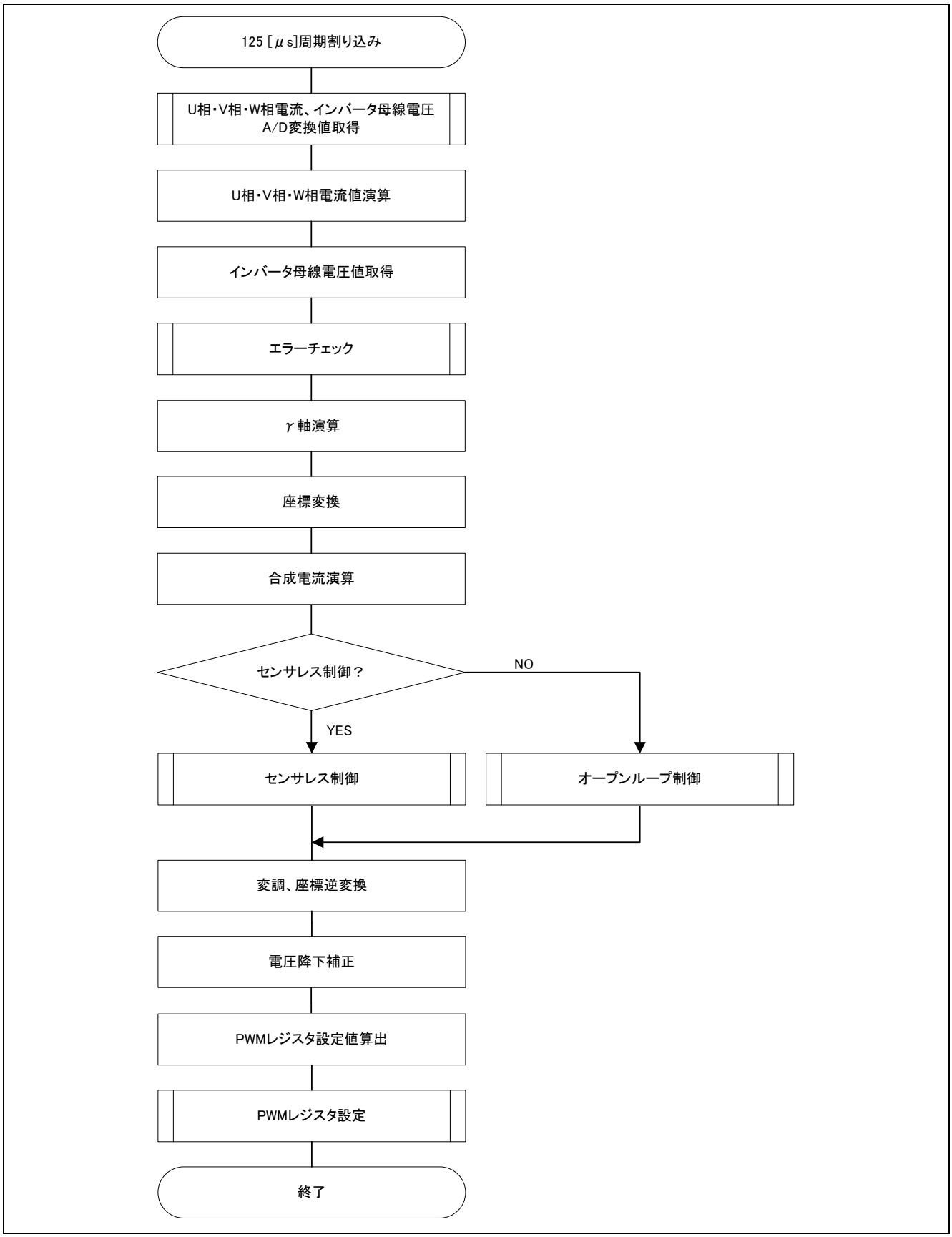

図 3-6　125 [μs]周期割り込み処理

3.6.3　1 [ms]割り込み処理

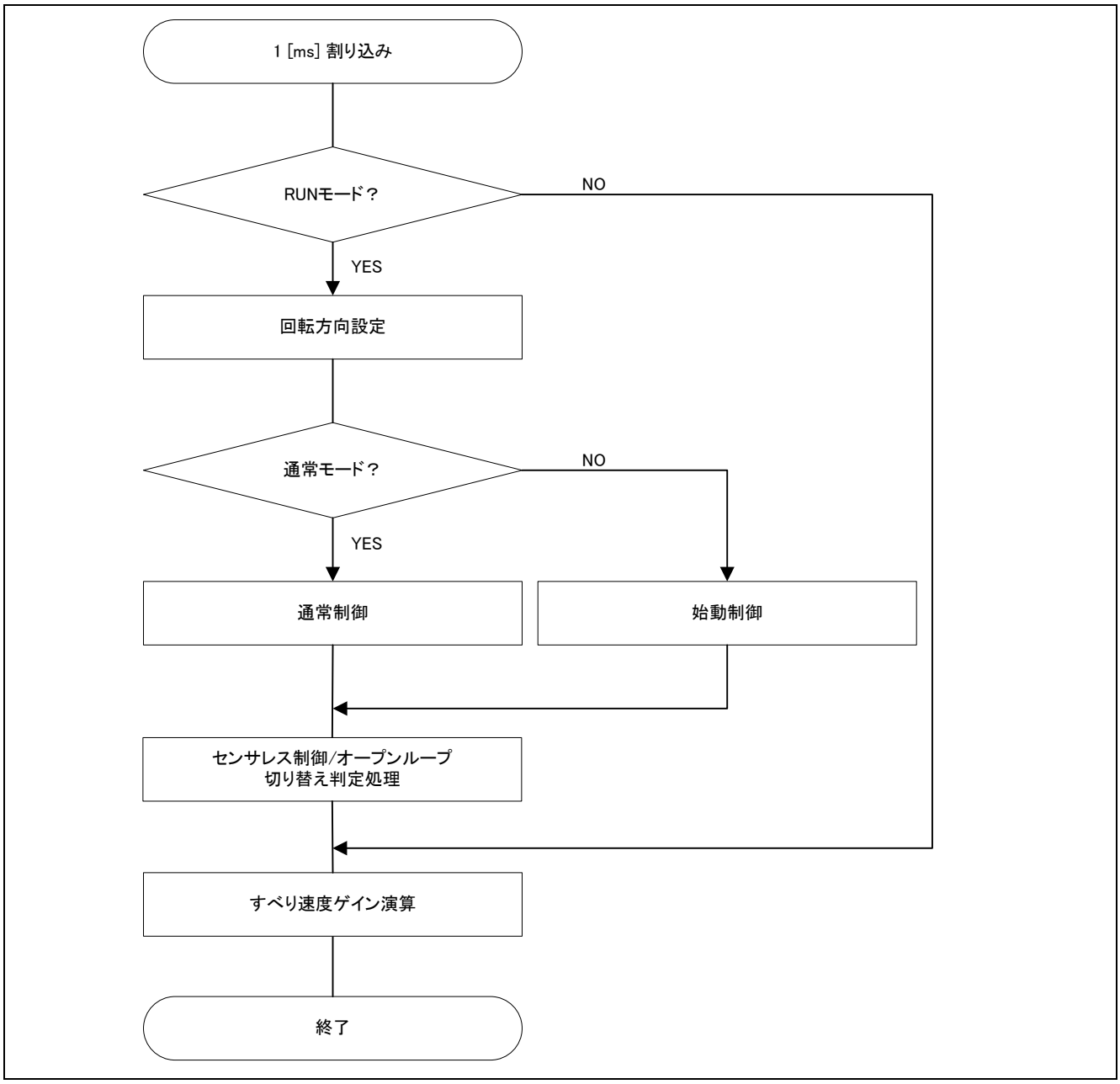

図 3-7　1 [ms]割り込み処理

3.6.4　100 [ms]割り込み処理

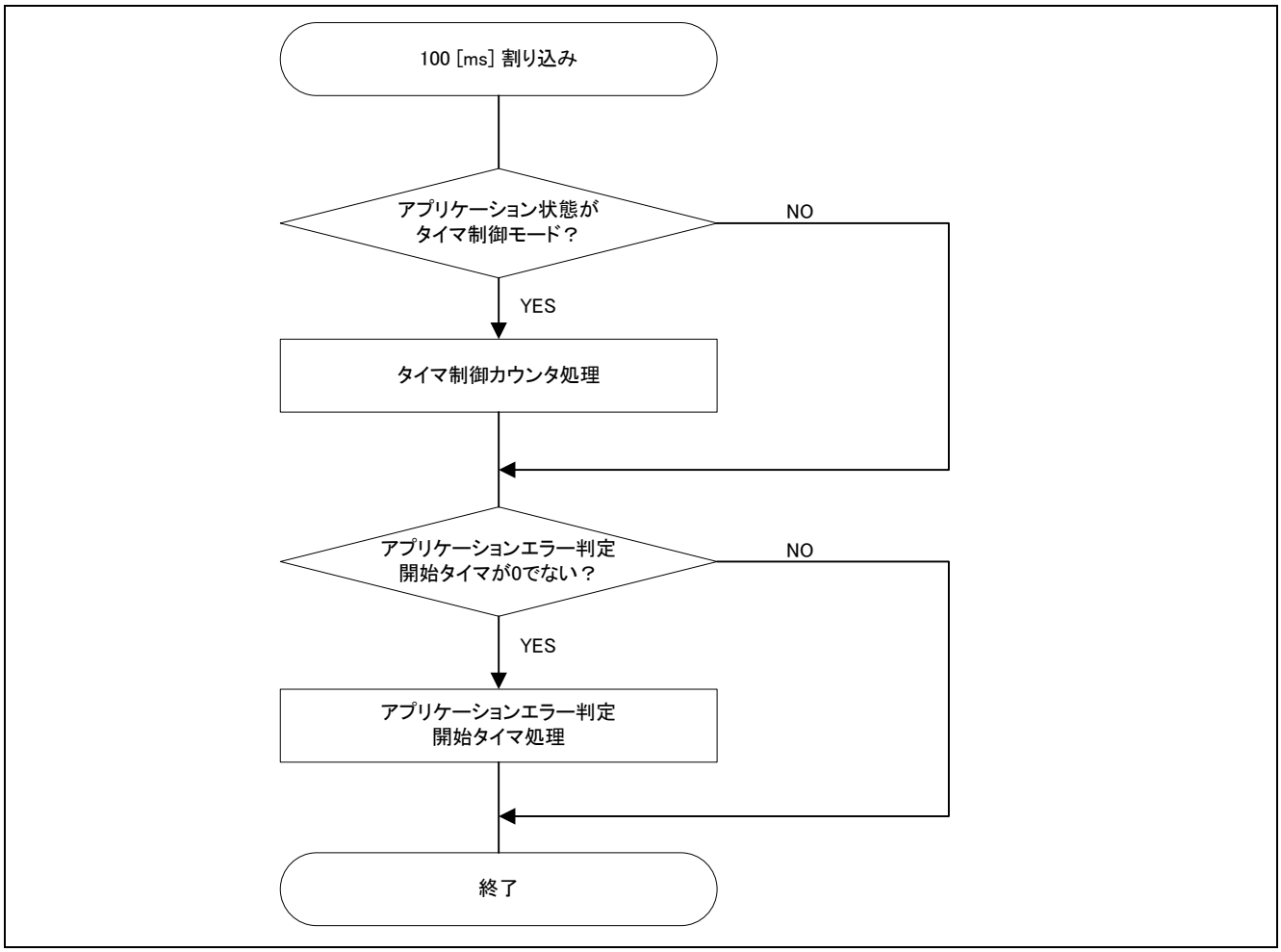

図 3-8　100 [ms]割り込み処理

3.6.5　過電流検出を含むグループ割り込み処理

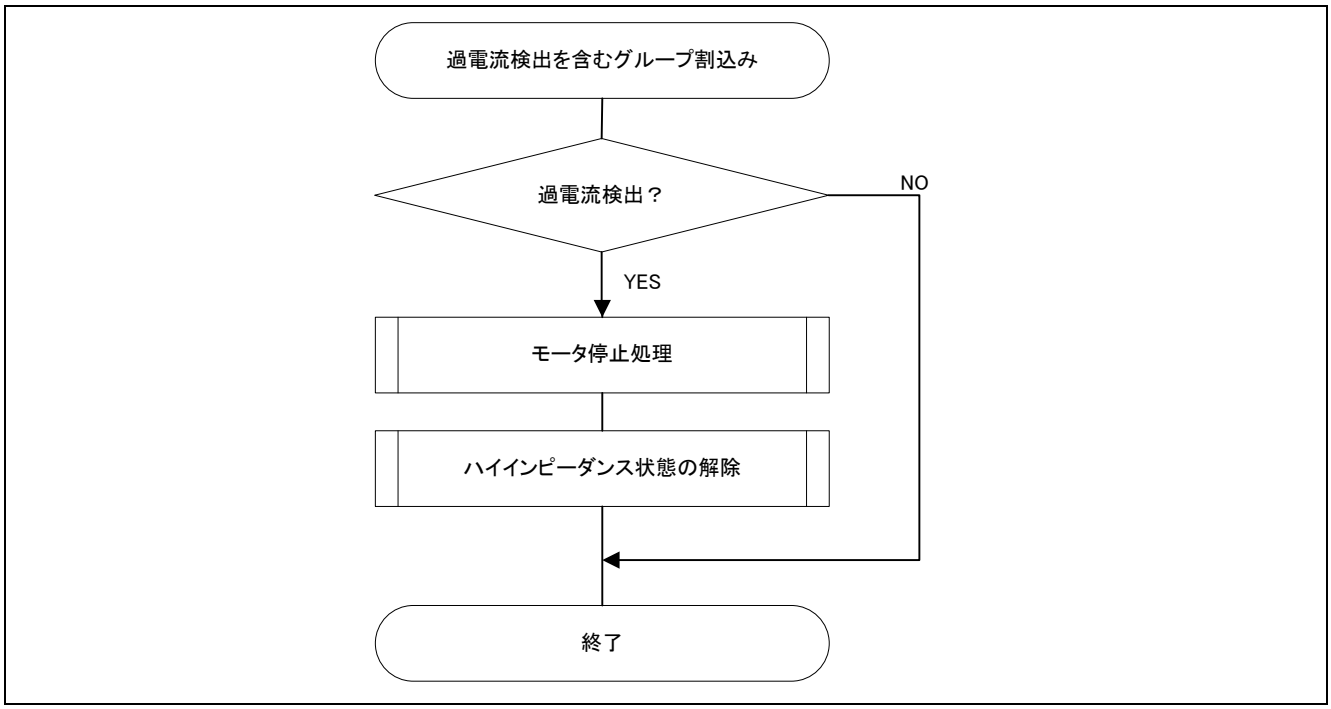

図 3-9　過電流検出を含むグループ割り込み処理

4.　モータ制御開発支援ツール「Renesas Motor Workbench 2.0」

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 2.0」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「モータ制御開発支援ツール Renesas Motor Workbench 2.0 ユーザーズマニュアル」を参照してください。

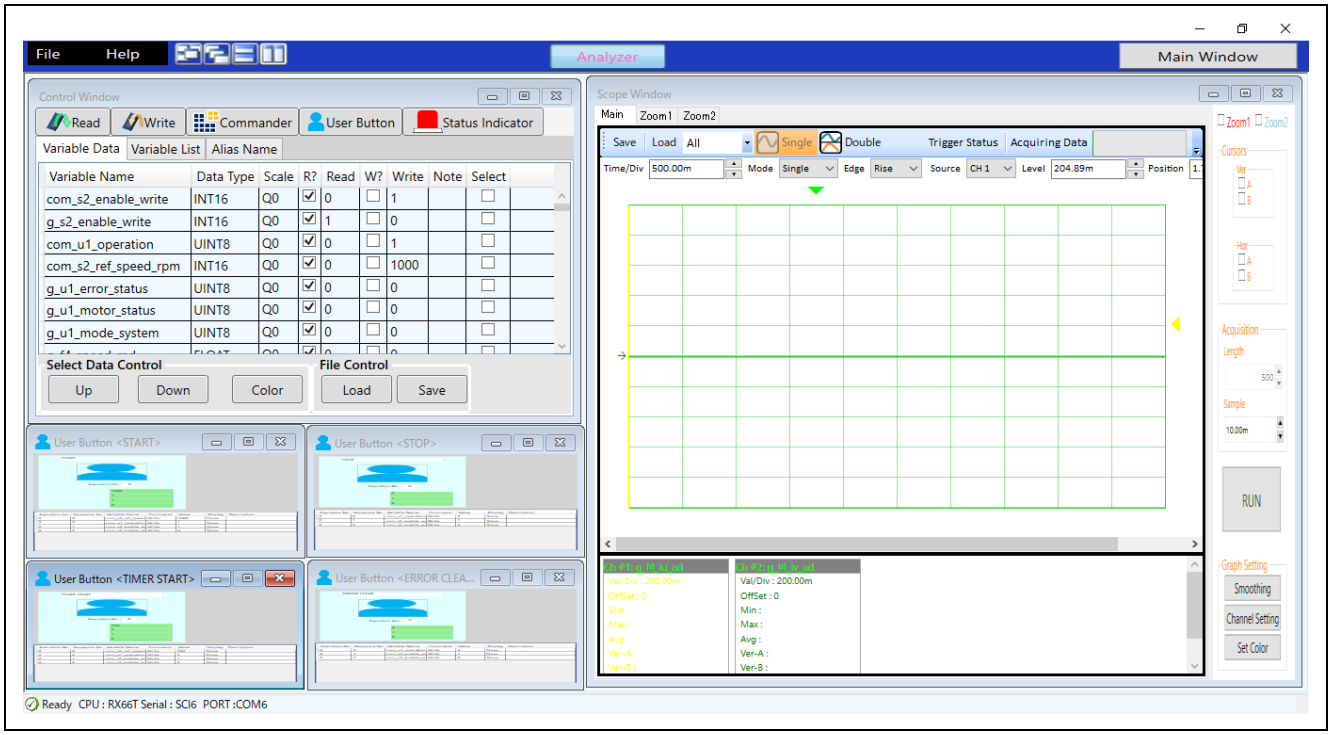

図 4-1　Renesas Motor Workbench 2.0 外観

4.2　RMW 使用方法

RMW を使用したモータの操作方法を以下に示します。RMW の画面を図 4-2 に示します。画面は 3 種類のウィンドウで構成されており、左側上部に Control Window、左側下部に User Button、右側に Scope Window が配置してあります。RMW ではモータの起動／停止などの、基本的な動作については、User Button を使用します。各ボタンの機能を以下に示します。

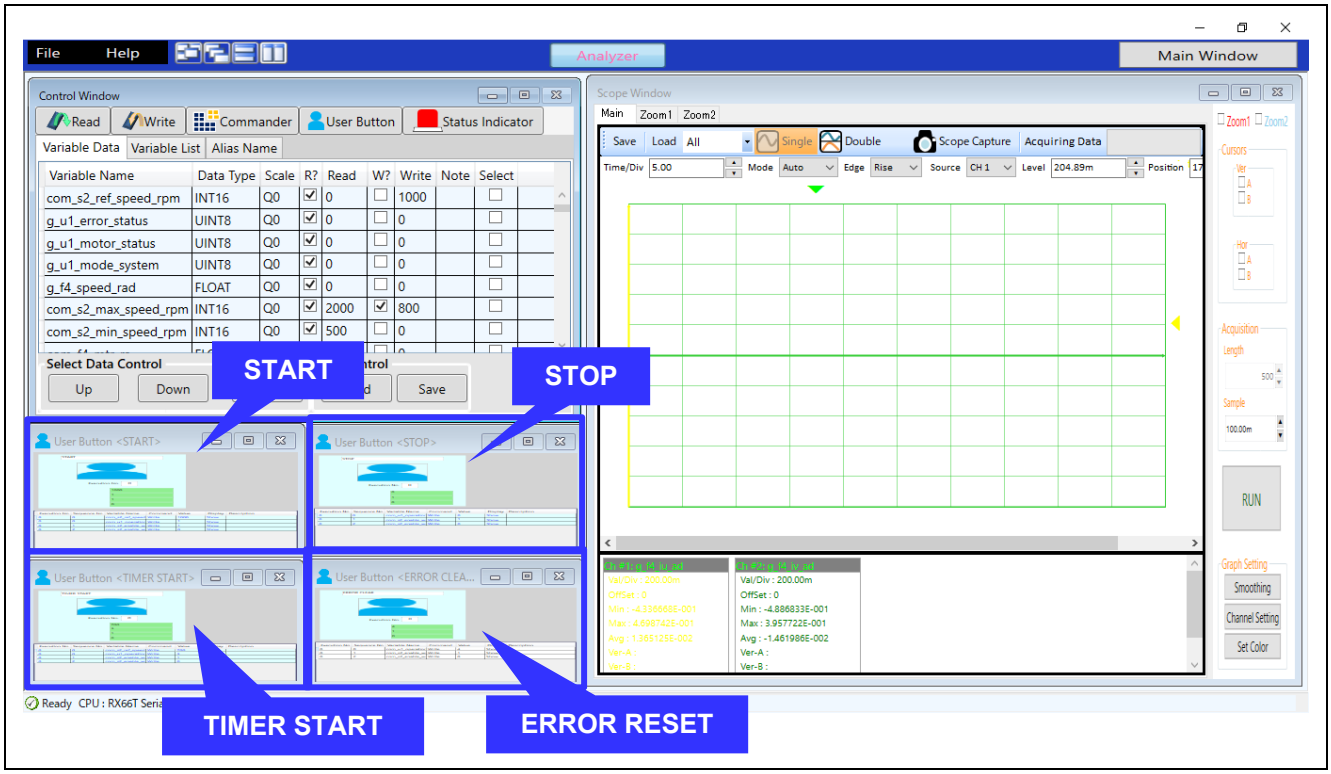

図 4-2　RMW 操作方法

4.2.1　START ボタン

左上に配置してある User Button が START ボタンになります。このボタンで速度指令値の設定とモータの動作を行います。速度指令値は、ボタン内にある com_s2_ref_speed_rpm の Value 欄に rpm の単位で指定します。次にボタン内の人型部分をクリックすることでモータ動作状態へ遷移し、設定した速度指令値まで加速します。ただしエラー発生時はモータは動作しません。

駆動中のモータの速度を変更する場合、速度指令値を変更後、起動時と同様に人型部分をクリックすることで、変更した速度まで加速もしくは減速します。

4.2.2　STOP ボタン

右上に配置してある User Button が STOP ボタンになります。ボタン内の人型部分をクリックすることでモータ停止状態へ移行します。また、タイマ制御を無効に設定します。

4.2.3　ERROR RESET ボタン

右下に配置してある User Button が ERROR RESET ボタンになります。ボタン内の人型部分をクリックすることでエラーのリセットを実行します。

4.2.4　TIMER START ボタン

左下に配置してある User Button が ERROR RESET ボタンになります。このボタンで速度指令値の設定とモータのタイマ動作を行います。速度指令値は、ボタン内にある com_s2_ref_speed_rpm の Value 欄に rpm の単位で指定します。次にボタン内の人型部分をクリックすることでタイマ制御状態へ遷移し、設定した期間でモータの動作・停止を繰り返します。ただしエラー発生時はモータは動作しません。

4.3　RMW 用変数一覧

RMW 用変数の一覧を表 4-1 に示します。この RMW 用変数を変更した時点では、モータ制御層変数には反映されません。モータ制御層の変数は、com_s2_enable_write に g_s2_enable_write と同じ値を書き込んだタイミングで書き変わります。

表 4-1　RMW 用変数一覧

ICS 用変数名	型	内容	反映先変数 （モータ制御層変数）
com_u1_operation	uint8	モータ操作 bit0：モータ起動／停止 bit1：タイマ制御有効／無効 bit2：エラーリセット	g_u1_drive_sw_state g_u1_timer_mode_sw_state g_u1_err_reset_sw_state
com_s2_direction	int16	回転方向	g_u1_dir_buff
com_s2_ref_speed_rpm	int16	速度指令値	g_f4_ref_speed_rad
com_f4_kp_speed	float32	速度 PI 制御比例項ゲイン	g_f4_kp_speed
com_f4_ki_speed	float32	速度 PI 制御積分項ゲイン	g_f4_ki_speed
com_f4_kp_iq	float32	δ軸電流 PI 制御比例項ゲイン	g_f4_kp_iq
com_f4_ki_iq	float32	δ軸電流 PI 制御積分項ゲイン	g_f4_ki_iq
com_f4_speed_lpf_k	float32	速度 LPF ゲイン	g_f4_speed_lpf_k
com_f4_current_lpf_k	float32	電流 LPF ゲイン	g_f4_current_lpf_k
com_f4_mtr_rs	float32	固定子抵抗値	mtr_p.f4_mtr_rs
com_f4_mtr_rr	float32	回転子抵抗値	mtr_p.f4_mtr_rr
com_f4_mtr_m	float32	磁化インダクタンス	mtr_p.f4_mtr_m
com_f4_mtr_lls	float32	固定子漏れインダクタンス	mtr_p.f4_mtr_ls
com_f4_mtr_llr	float32	回転子漏れインダクタンス	mtr_p.f4_mtr_lr
com_f4_offset_lpf_k	float32	電流オフセット値 LPF ゲイン	g_f4_offset_lpf_k
com_s2_max_speed_rpm	int16	速度最大値	g_f4_max_speed_rad
com_s2_min_speed_rpm	int16	速度最小値	g_f4_min_speed_rad
com_f4_ctrl_ref_id	float32	γ軸電流指令値	g_f4_ctrl_ref_id
com_f4_boot_id_up_time	float32	γ軸電流起動時上昇時間	g_f4_boot_id_up_step
com_f4_id_const_time	float32	γ軸電流磁束安定待ち時間	g_f4_id_const_time
com_f4_accel	float32	回転速度指令値加減速ステップ	g_f4_accel
com_f4_fluctuation_limit	float32	速度ゆらぎリミット値	g_f4_fluctuation_limit
com_f4_offset_calc_time	float32	電流オフセット調整時間	g_f4_offset_calc_time
com_f4_delay	float32	電圧出力遅れ補償係数	g_f4_angle_compensation
com_f4_voltage_drop	float32	電圧降下補正閾値	g_f4_voltage_drop
com_f4_voltage_drop_k	float32	電圧降下補正ゲイン	g_f4_voltage_drop_k
com_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可	―

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/

お問合せ先
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	Aug 31. 20	ー	新規発行
1.10	Apr 21. 21	4	CS+バージョンを 8.05.00 に更新
		33	表 3-8　マクロ定義一覧(5/14)を更新
		37	表 3-8　マクロ定義一覧(9/14)を更新

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. 静電気対策
   CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。
2. 電源投入時の処置
   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. 電源オフ時における入力信号
   当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。
4. 未使用端子の処理
   未使用端子は、「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。
5. クロックについて
   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。
6. 入力端子の印加波形
   入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、V_{IL}（Max.）から V_{IH}（Min.）までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、V_{IL}（Max.）から V_{IH}（Min.）までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。
7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止
   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、将来の拡張機能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。
8. 製品間の相違について
   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うと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。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みます。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. 当社製品または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. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング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。
6. 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）、交通制御（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、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、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想定していません。たとえ、当社が想定してい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も、当社は一切その責任を負いません。
7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア／ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因しまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア／ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 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。
9. 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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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。
10. 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。
11. 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。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。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものといたします。
13. 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。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

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が直接的、間接的に支配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.5.0-1　2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

© 2021 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.