

AP-RZT2-0A (RZ/T2M CPU BOARD)

EtherCAT サンプルプログラム解説

第 1.3 版 2024 年 09 月 02 日

1. 概要

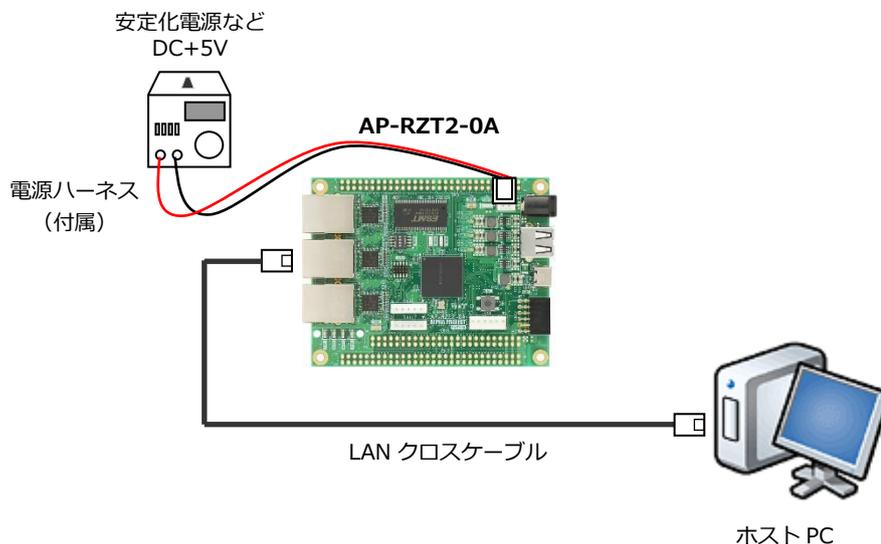
1.1 概要

本アプリケーションノートでは、AP-RZT2-0A に付属する「EtherCAT サンプルプログラム」について解説します。
解説するサンプルプログラムは下記のものになります。

サンプルプログラム	動作内容
AP-RZT2-0A EtherCAT サンプルプログラム	・ EtherCAT スレーブコントローラ

1.2 接続概要

「EtherCAT サンプルプログラム」の動作を確認する上で必要な CPU ボードとホスト PC 間の接続例を以下に示します。
詳細な接続に関しては後述の「3. 動作説明」を参照してください。



1.3 本サンプルプログラムについて

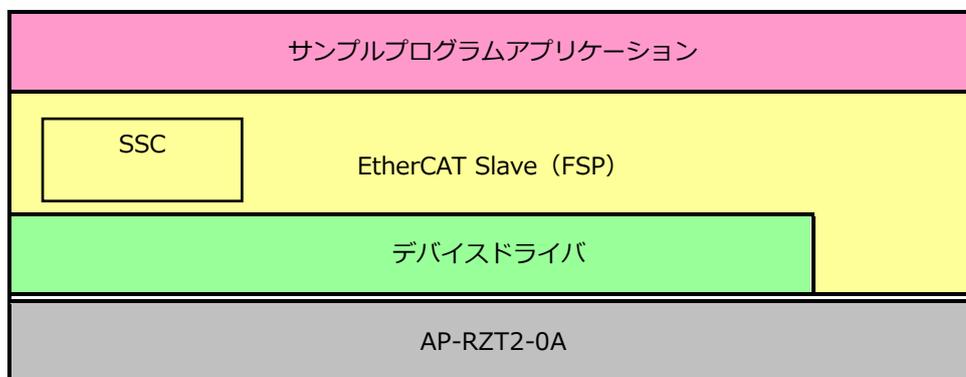
本サンプルプログラムは、ルネサス エレクトロニクス株式会社の Web ページ「RZ/T2M」にて公開されている「RZ/T2M グループ EtherCAT サンプルプログラム」の「EtherCAT Slave Software」(2ポート版)を AP-RZT2-0A 用に移植しています。ルネサス社のサンプルプログラムについては、ルネサス社 Web ページからダウンロードしてください。なお、本サンプルプログラムに関して、ルネサス社へのお問い合わせはご遠慮ください。

RZ/T2M CPU Web ページ：

<https://www.renesas.com/jp/ja/products/microcontrollers-microprocessors/rz-mpus/rzt2m-high-performance-multi-function-mpu-realizing-high-speed-processing-and-high-precision-control>

※コンテンツをダウンロードするにはルネサス社の My Renesas への登録が必要となります。

1.3.1 プログラムの構成について



本サンプルプログラムは、AP-RZT2-0A 基板上で、EtherCAT スレーブ動作確認用に使用可能です。

サンプルプログラム内の EtherCAT Slave コードは、ルネサス エレクトロニクス株式会社提供の Flexible Software Package (以下、FSP) と、Beckhoff 社の EtherCAT スレーブスタックコード (以下、SSC) を組み合わせて作成されています。

名称	バージョン
スレーブスタックコード	V5.13
FSP for Renesas RZ/T series.	V2.1.0

EtherCAT スレーブスタックコードのソースコードは、ライセンスの都合上、弊社では公開しておりませんので、必要なお客様は、EtherCAT Technology Group へ必要な手続きを行い入手してください。

EtherCAT Technology Group <https://www.ethercat.org/jp/products.html>

SSC ツールの使用方法は、ツール付属のドキュメント「Application Note ET9300(EtherCAT Slave Stack Code)」をご参照ください。

SSC ツールを入手し、生成したソースファイルを含む「Src」フォルダは、後述の「2.1 フォルダの構成」に記載されている「ap_rzt2_0a_ethercat_sample¥src¥ethercat¥beckhoff」フォルダ内に格納することで使用可能です。

ルネサス エレクトロニクス株式会社提供の EtherCAT FSP は、e2studio 上の FSP Smart Configurator から「Generate Project Content」ボタンを押すことでサンプルプログラムに追加されます。

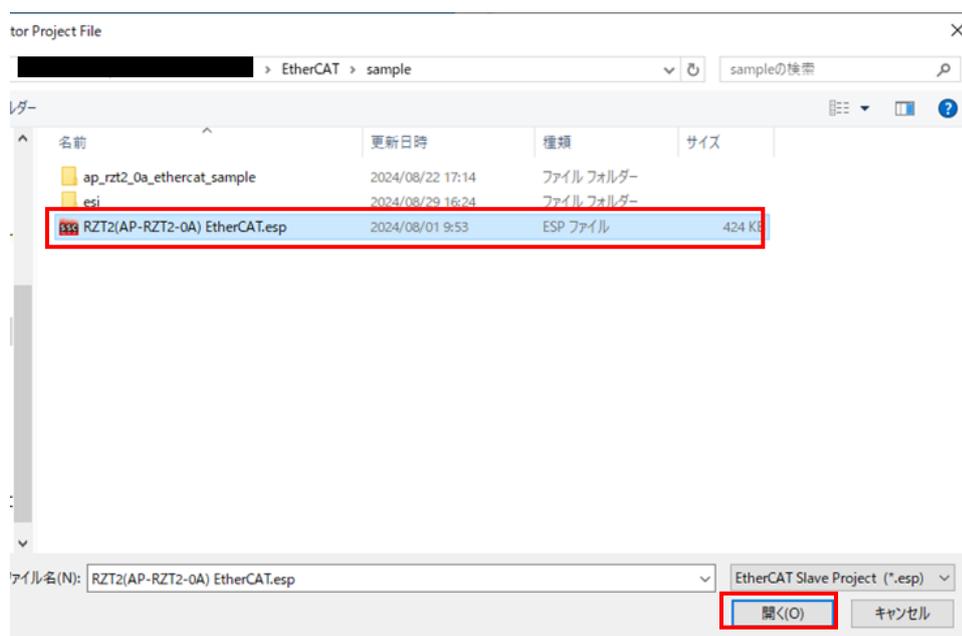
本サンプルプログラムでは、動作確認用の hex ファイル・bin ファイルを別途用意しております。

SSC 未入手の場合、プログラムのビルド/デバッグはできませんが、プログラムの動作確認はこちらを利用することで行えます。

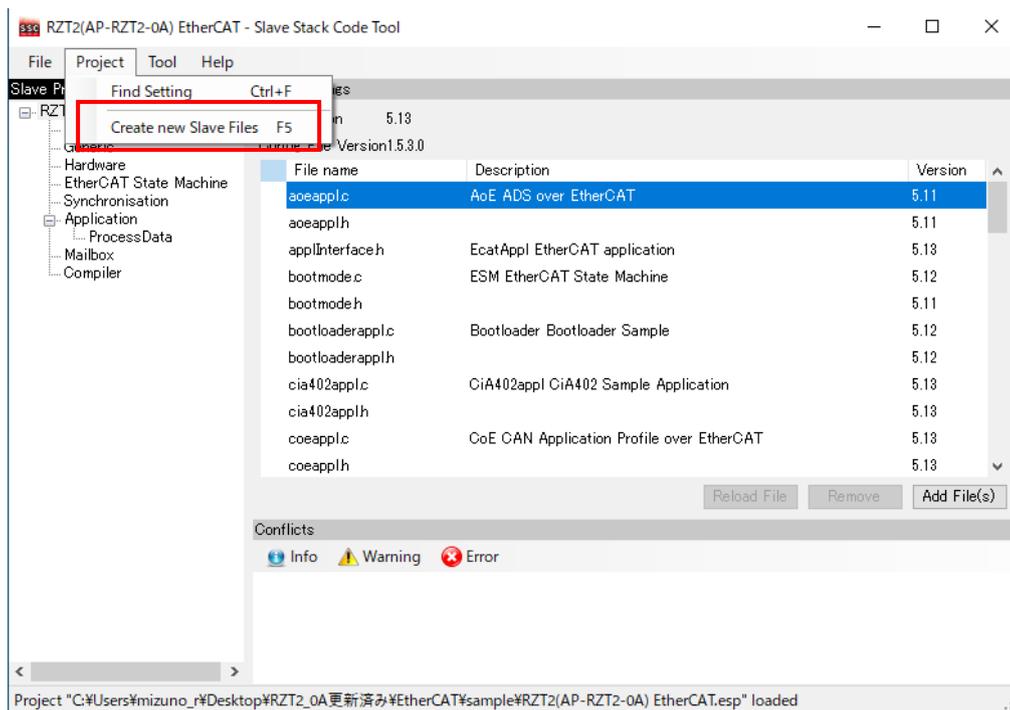
1.3.2 スレーブスタックコード ソースファイル生成手順

本サンプルプログラム掲載の ESP ファイルを用い、SSC ツール V5.13 を使用した、ソースファイルの作成手順を以下に記載します。

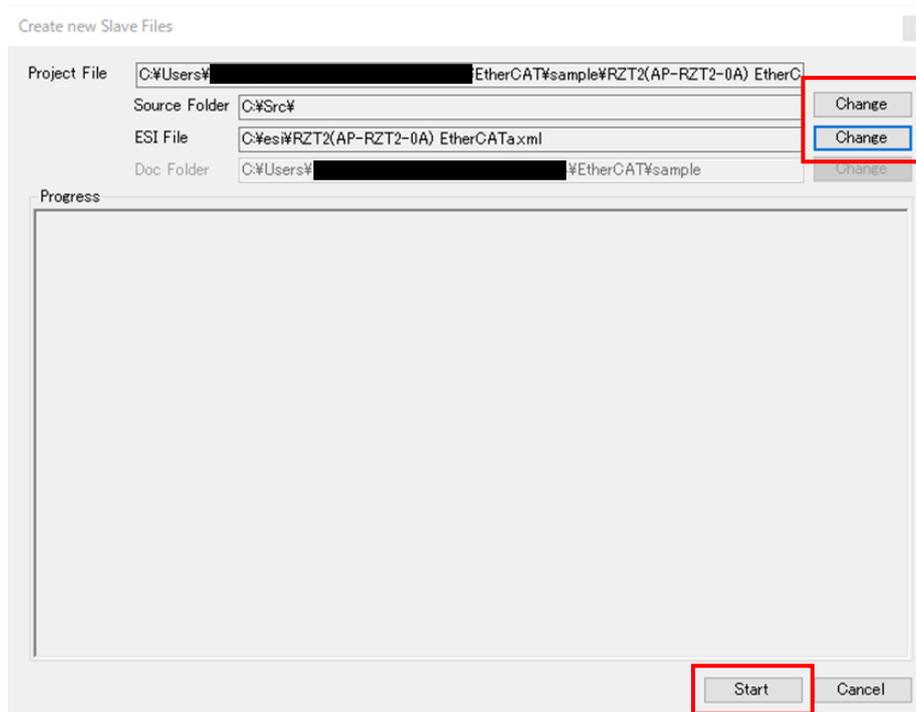
- ① SSC ツールを起動します。
- ② SSC ツールの「File」→「Open」を選択し、ESP ファイル（本サンプルでは RZT2(AP-RZT2-0A)EtherCAT.esp）を指定し開きます。



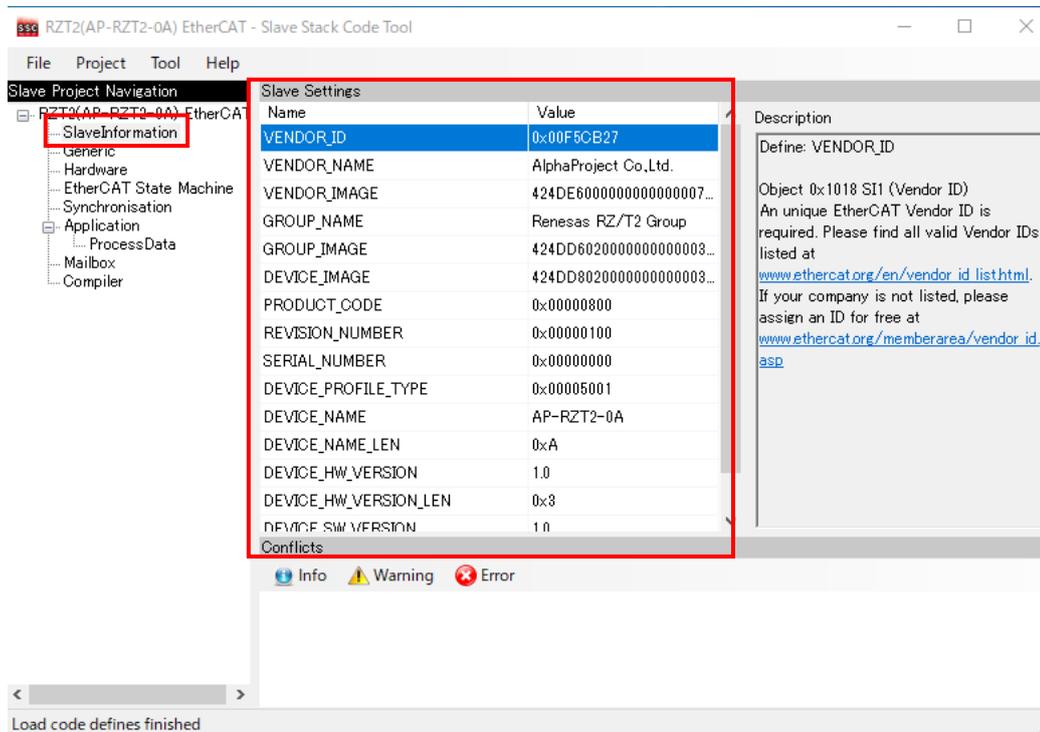
- ③ 「Project」 → 「Create new Slave Files」 を選択します。



- ④ Create new Slave Files ウィンドウが表示されますので、任意の Project 保存ディレクトリを指定します。「Start」ボタンを押すと、ソースファイル生成が開始されます。



※SSC ツールでソースファイル生成を行う際、Vendor ID などの設定はツールに登録された情報が使用されます。
SSC ツールの「Slave Project Navigation」から「SlaveInformation」を選択し、Vendor ID などをユーザーがお持ちの値に変更してからソースファイル生成を行ってください。



1.4 開発環境について

本サンプルプログラムは統合開発環境「e2 studio」と「FSP」を用いて開発されています。
本サンプルプログラムに対応する開発環境、FSP、コンパイラ、デバッガのバージョンは次の通りです。

ソフトウェア	バージョン	備考
e2studio	2024-04	–
GCC for Renesas RZ	12.2.1.arm-12-24	–
FSP	2.1.0	Flexible Support Package for Renesas RZ/T シリーズ

デバッガ	ハードウェアバージョン	備考
J-Link	V11	Segger Microcontroller Systems 社 ハードウェアバージョン V10 以下はご使用になれませ んのでご注意ください。

※AP-RZT2-0A と J-Link を直接接続することはできません。

AP-RZT2-0A 側(ハーフピッチコネクタ)と J-Link 側(フルピッチコネクタ)を接続するための変換アダプタ
が必要となります。

変換アダプタについては、J-Link 取扱店へご確認ください。

1.5 ワークスペースについて

本サンプルプログラムのプロジェクトファイルは次のフォルダに格納されています。
ご使用のワークスペースにコピーして使用してください。

サンプルプログラム	フォルダ
EtherCAT サンプルプログラム プロジェクトフォルダ	¥sample¥ap_rzt2_0a_ethercat_sample

2. サンプルプログラムの構成

2.1 フォルダ構成

本サンプルプログラムは以下のフォルダで構成されています。



2.2 ファイルの構成

本サンプルプログラムは以下のファイルで構成されています。

本節では、サンプルプログラムの作成にあたって追加したファイルについて記述し、自動生成ファイルなどに関しては説明を省略します。

<¥sample フォルダ内>

AlphaProject.ap_rzt2_0a.2.1.0.p	…	AP-RZT2-0A バックファイル
ack		
ap_rzt2_0a_devsetup.elf.srec	…	AP-RZT2-0A Flash 書き込み用モトローラファイル
ap_rzt2_0a_ssbl_sample.bin	…	SSBL (シリアル FlashROM ブート用) プログラム
FlashROM_Write.bat	…	プログラム書き込み用バッチファイル
RZT2(AP-RZT2-0A)EtherCAT.esp	…	SSC 生成用ファイル

<¥sample¥ap_rzt2_0a_ethercat_sample フォルダ内>

.cproject	…	CPROJECT ファイル
.project	…	PROJECT ファイル
ap_rzt2_0a.pincfg	…	AP-RZT2-0A ピンコンフィグファイル
ap_rzt2_0a_ethercat_sample	…	AP-RZT2-0A EtherCAT サンプルプログラム
Debug.jlink		J-Link 設定ファイル
ap_rzt2_0a_ethercat_sample	…	AP-RZT2-0A EtherCAT サンプルプログラム
Debug.launch		デバッグおよびランタイム設定ファイル
configuration.xml	…	FSP コンフィギュレータファイル

<¥sample¥ap_rzt2_0a_ethercat_sample¥script フォルダ内>

fsp_ram_execution.ld	…	RAM 実行用リンクスクリプトファイル
fsp_rom_execution.ld	…	ROM 実行用リンクスクリプトファイル

<¥sample¥ap_rzt2_0a_ethercat¥src フォルダ内>

hal_entry.c	…	アプリケーションソースファイル
-------------	---	-----------------

<¥sample¥ap_rzt2_0a_ethercat_sample¥src¥ethercat¥renesas フォルダ内>

sampleappl.c	…	EtherCAT アプリケーションソースファイル
sampleappl.h	…	EtherCAT アプリケーションヘッダファイル

<¥Sample¥esi フォルダ内>

AP-RZT2-0A_EtherCAT.xml	…	EtherCAT Slave Information 用ファイル
-------------------------	---	----------------------------------

3. 動作説明

3.1 サンプルプログラムの動作

3.1.1 サンプルプログラム動作説明

本サンプルプログラムは下記の動作を行います。

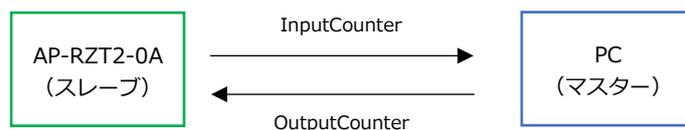
- EtherCAT 通信

EtherCAT スレーブ動作を行います。

サンプルプログラム開始後、LAN ケーブルで PC とボードの CN4 を接続すると LD4(ACT0 LED)、PC とボードの CN5 を接続すると LD5(ACT1 LED)がそれぞれ点滅します。

この状態のとき、マスターと EtherCAT 通信を行うと LD3(RUN LED)が点灯します。

サンプルプログラムは、マスターからの出力データに「OutputCounter」、マスターへの入力データに「InputCounter」をそれぞれ割り当てています。



マスターから 0 のデータを受信している場合は送信するごとにインクリメントした値を「InputCounter」から出力します。

また、マスターから 0 以外のデータを受信した場合は「OutputCounter」の値に + 1 した値を「InputCounter」から出力し、さらに LD1 に受信データの 1bit 目、LD2 に受信データの 2bit 目をそれぞれ対応させて、受信データに合わせた LED の点灯・消灯を制御します。

例：0x00000001 をボードが受信した→ LD1 点灯・LD2 消灯
0x00000002 をボードが受信した→ LD1 消灯・LD2 点灯
0x00000003 をボードが受信した→ LD1 点灯・LD2 点灯
0x00000004 をボードが受信した→ LD1 消灯・LD2 消灯

3.1.2 EtherCAT 通信動作

本サンプルプログラムの動作には、EtherCAT マスター機器が必要になります。

以下では、WindowsPC 上で動作可能な、ネットワーク制御ソフトウェア「TwinCAT3」を使用したサンプルプログラムの動作手順を記述します。

上記 TwinCAT3 をを使用したサンプルプログラム動作の確認に必要な環境は以下の通りです。

ホスト PC	PC/AT 互換機
OS	Windows 10/11
LAN ポート	10/100BASE-TX 以上対応の LAN ポート
LAN ケーブル	クロスケーブル
開発環境	Visual Studio 2015
TwinCAT3	v3.1.4024

本サンプルプログラムは、ルネサス エレクトロニクス株式会社が公開する「RZ/T2M グループ EtherCAT サンプルプログラム」の「EtherCAT Slave Software」(2ポート版)を AP-RZT2-0A 用に移植したものです（「1.3 本サンプルプログラムについて」参照）。

サンプルプログラムの操作についての説明は「RZ/T2M グループ EtherCAT サンプルプログラム」のドキュメントもご参照ください。

3.1.2.1 TwinCAT3 のインストール

TwinCAT3 の取得は Beckhoff 社から無料でダウンロードができます。

Beckhoff 社 <https://www.beckhoff.com/ja-jp/>

※コンテンツをダウンロードする際には Beckhoff 社の myBeckhoff への登録が必要となります。

TwinCAT3 をダウンロードした後は、下記ページを参考に **Visual Studio をインストール済みの PC** に対して TwinCAT3 をインストールしてください。

TwinCAT3 に対応する Visual Studio のバージョンについても、下記ページを参照してください。

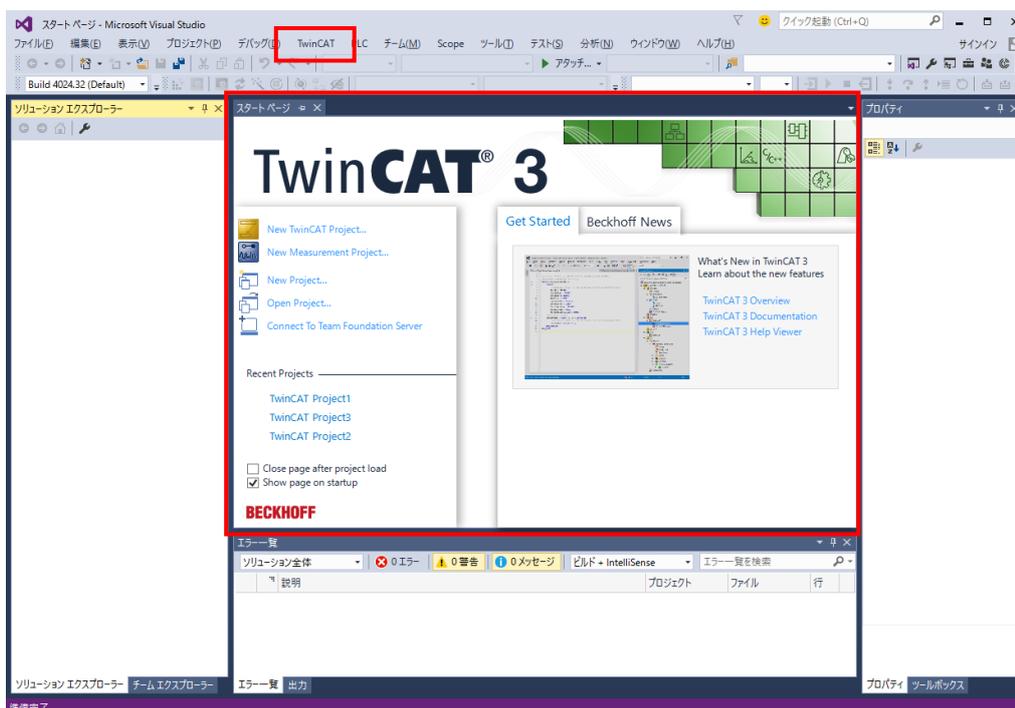
TwinCAT3 のインストール <https://sites.google.com/site/twincathowto/insutoruto-ji-ben-she-ding/tc3-install>

また、TwinCAT3 のバージョンによっては Microsoft Windows Driver Kit(WDK)のインストールも必要な場合があります。以下のページも併せてご参考ください。

WDK のインストール <https://sites.google.com/site/twincathowto/insutoruto-ji-ben-she-ding/wdknoinsutoru>

TwinCAT3 のインストールに成功した場合は、Visual Studio を起動したときに TwinCAT3 のスタートページや、メニューバーに「TwinCAT」が表示されるようになります。

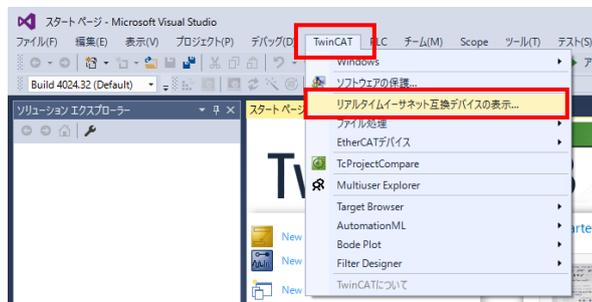
TwinCAT3 の詳細な使用方法に関しては、Beckhoff 社のマニュアルを参照してください。



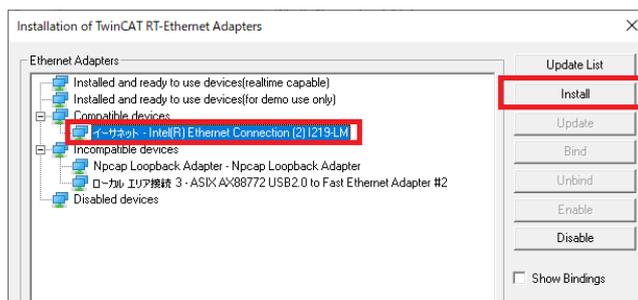
3.1.2.2 TwinCAT3 の設定・プロジェクト作成

- ① TwinCAT3 のインストール成功後、Visual Studio のメニュー「TwinCAT」>「リアルタイムイーサネット互換デバイスの表示」を選択します。

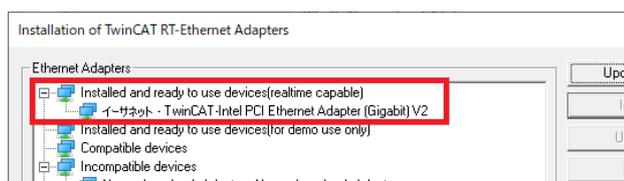
なお、過去に設定したことがある場合、再設定は不要なので、⑤にお進みください。



- ② EtherCAT 通信に使用する PC 側の LAN ポートを選択して「Install」を選択します。



Install ボタンが押されて正常に設定が行われると項目が「Installed and ready to use devices」に移ります。



- ③ ESI (EtherCAT Slave Information) ファイルを TwinCAT3 に登録します。

ユーザーが用意した ESI ファイルを以下のフォルダに保存し、Visual Studio を再起動してください。

[TwinCAT3 のインストールフォルダ] \x 3.x \Config\Io\EtherCAT

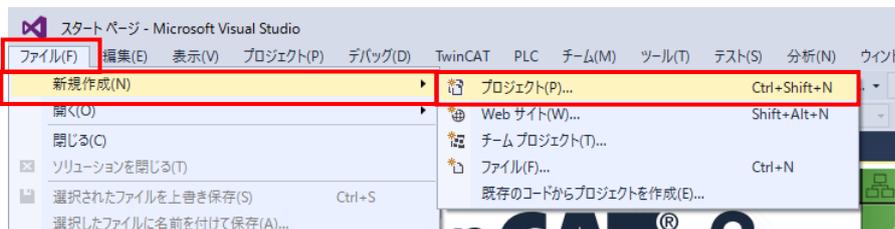
※x はインストールした TwinCAT3 のバージョンによる

なお、弊社サンプルプログラムをビルドせず動作させる場合、サンプルプログラムと同梱する ESI ファイルが使用できます。

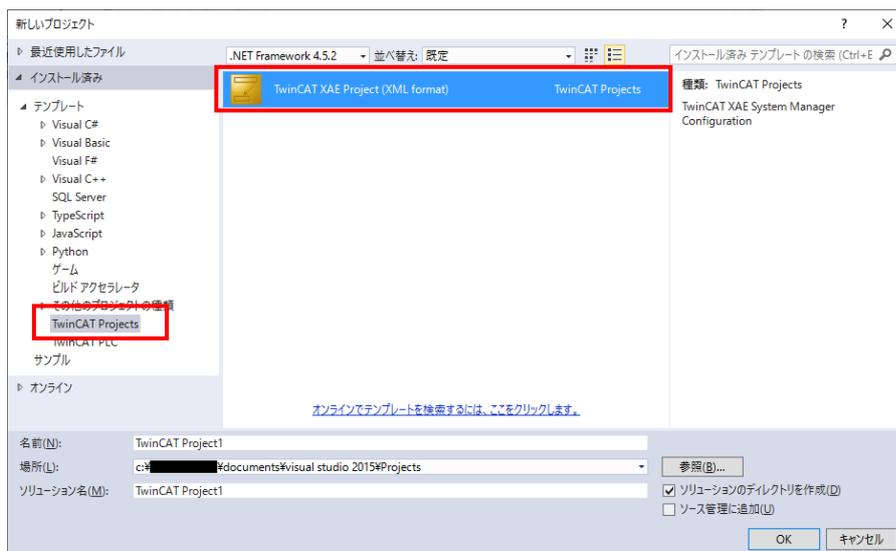
必要があれば、サンプルプログラムのデフォルト動作用 ESI ファイル (AP-RZT2-0A_EtherCAT.xml) を上述のフォルダへコピー保存してください。



- ④ TwinCAT3 用のプロジェクトを作成するためメニュー「ファイル」>「新規作成」>「プロジェクト」を選択します。



- ⑤ テンプレートに「TwinCAT Projects」内の「TwinCAT XAE Project」を選択して新規作成します。

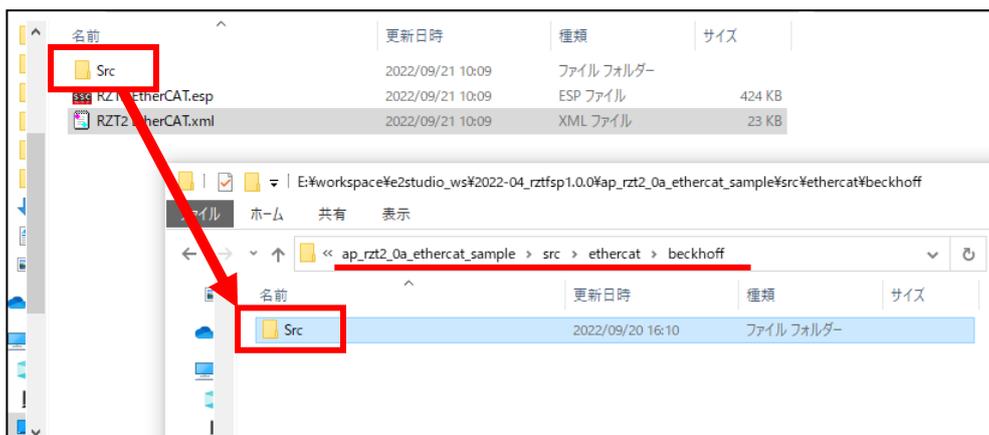


3.1.2.3 サンプルプログラムのビルド

ここでは SSC で出力したソースコードの扱い含む、サンプルプログラムをビルドするまでの手順を説明します。
本サンプルプログラムをビルドしない場合は「3.1.2.4 PC・ボード間の通信」にお進みください。

- ① 「1.3.1 プログラムの構成について」を参考に、SSC を起動して、ルネサス社からダウンロードした EtherCAT サンプルプログラムに含まれる ESI ファイル「Renesas EtherCAT RZT2.xml」を基にソースコードを出力します。
- ② SSC から出力したソースコードをサンプルプログラムの下記フォルダにコピーします。

`ap_rzt2_0a_ethercat_sample\src\ethercat\beckhoff`



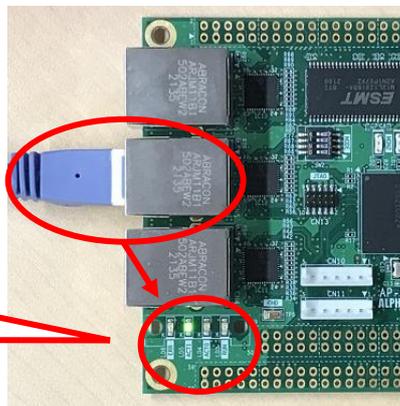
- ③ 資料「AN1647 RZ/T2M 開発チュートリアル」を参考に、本サンプルプログラムを e2studio にインポートし、続けてビルドをします。

3.1.2.4 PC・ボード間の通信

- ① サンプルプログラムを起動し、PC と AP-RZT2-0A を LAN ケーブルで接続します。
 なお、本サンプルプログラムは CN4, 5 が EtherCAT 通信に対応しています。CN6 とは繋げないでください。

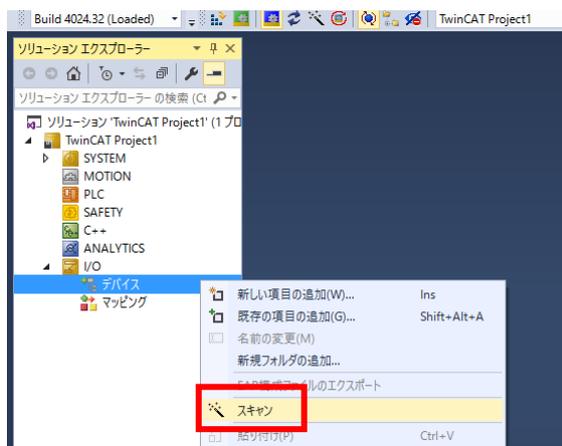
PC と AP-RZT2-0A 間を LAN ケーブルで接続すると、コネクタに対応する ACT LED が点滅します。

接続コネクタ	対応 LED
CN4(CH0)	LD4(ACT0 LED)
CN5(CH1)	LD5(ACT1 LED)

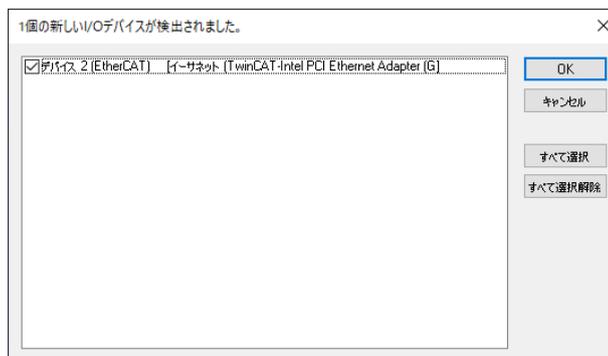


CN5 とつなげた場合は LD5(ACT1 LED)が点滅

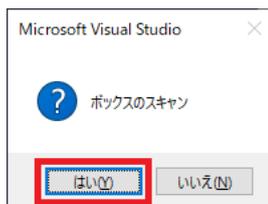
- ② TwinCAT3 のソリューション エクスプローラーから「ソリューション」>「プロジェクト名」>「I/O」>「デバイス」を右クリックし、「スキャン」を選択します。



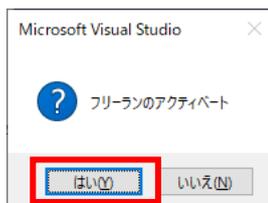
- ③ ここで TwinCAT3 が、EtherCAT サンプルプログラムが動作する AP-RZT2-0A と LAN ケーブルで接続されている場合、「デバイス(EtherCAT)」が検出されますので、「OK」を押します。



- ④ 「ボックスのスキャン」ウィンドウが表示されたら「はい」を押します。



- ⑤ 「フリーランのアクティベート」ウィンドウが表示されたら「はい」を押します。



- ⑥ 「デバイス」内の項目「ボックス」に EthreCAT スレーブ機のデバイス名「AP-RZT2-0A EtherCAT」があるか確認します。

上記のデバイス名が見つかった場合は、EtherCAT 用 EEPROM への書き込みは不要ですので④へお進みください。
デバイス名が見つからなかった場合は、EtherCAT 用 EEPROM へサンプル用パラメータを書き込む必要があります。



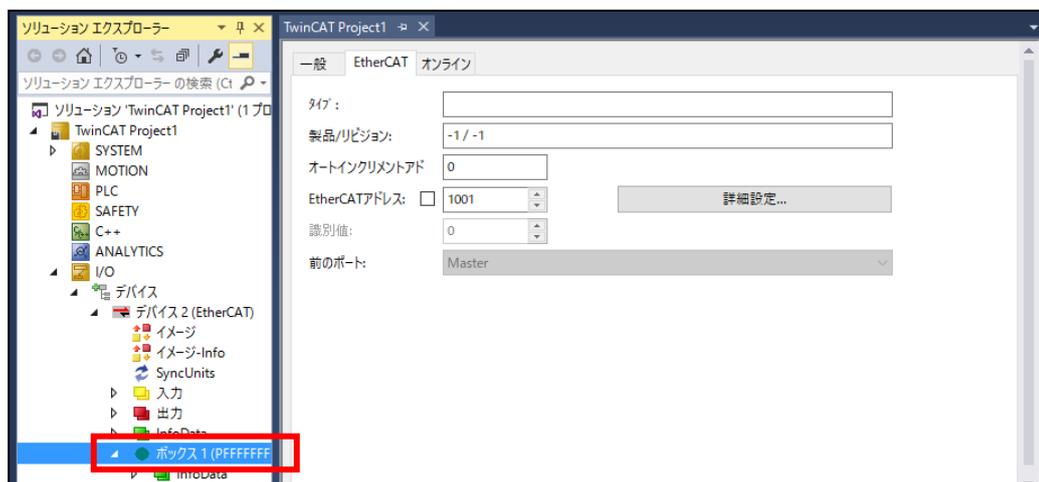
※AP-RZT2-0A は弊社出荷時に EtherCAT 用 EEPROM へ、本サンプルプログラム用のパラメータを書き込んでいます。

ただし、出荷時期やサンプルプログラムの更新時期によっては EEPROM に書き込まれた内容が現在のサンプル用のパラメータと異なることがあります。

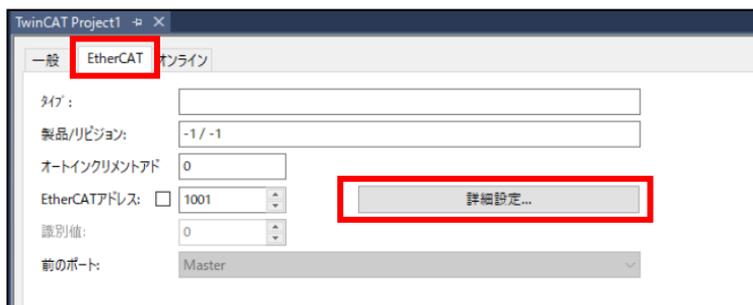
この場合、お手数ですが、下記を参考にサンプル用パラメータを EtherCAT 用 EEPROM へ書き込んだうえで、サンプルを動作確認ください。

また、ユーザー自身で EEPROM の内容を書き換えた場合も下記の手順を行っていただくことでサンプル用パラメータに書き直すことが可能です。

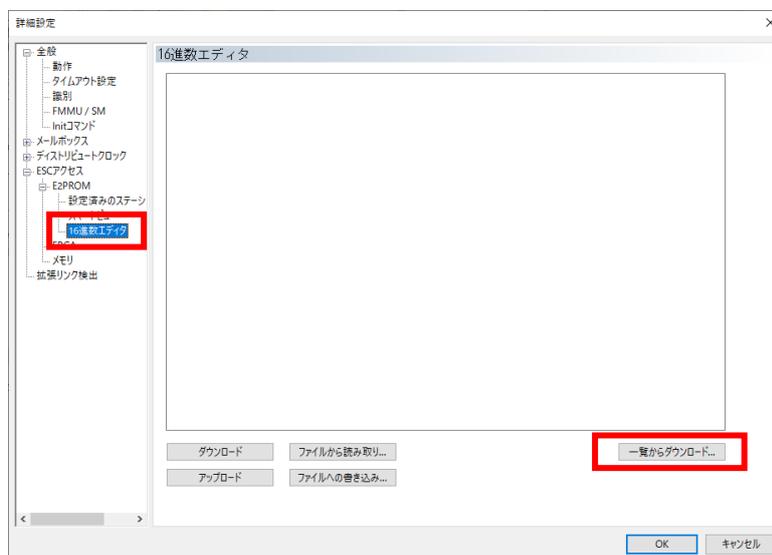
該当のデバイスをダブルクリックしてプロパティ画面を表示してください。



- ⑦ 表示された画面から「EtherCAT」タブを開き、「EtherCAT アドレス」横の「詳細設定」を押します。



- ⑧ 「詳細設定」ウィンドウが開き、「ESC アクセス」>「E2PROM」>「16 進数エディタ」を選択し、「一覧からダウンロード」を押します。

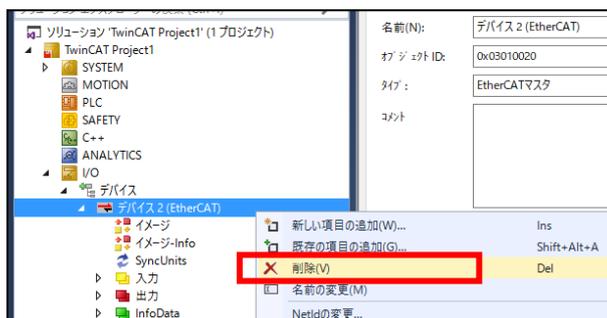


- ⑨ ユーザーが用意した ESI ファイルを選択して「OK」ボタンを押すと EEPROM へのパラメータ書き込みを始めます。本サンプルプログラムに同梱する ESI ファイルを使用する場合は以下を選択してください。

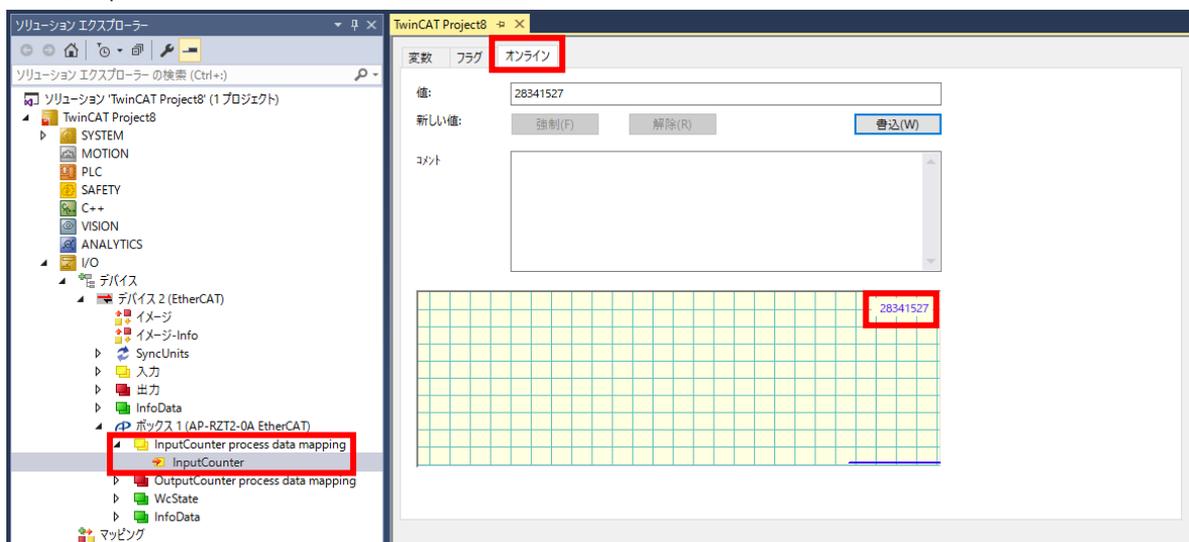
[AlphaProject Co.,Ltd.] > [RZ/T2 Board] > [AP-RZT2-0A 2port [2048/512]]



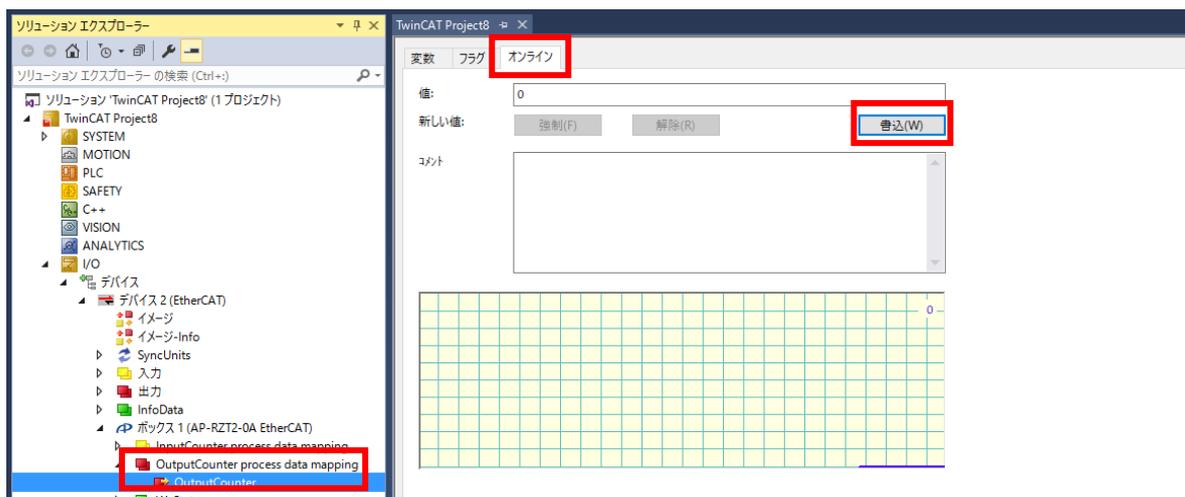
- ⑩ 書き込み完了後、サンプルプログラムを再起動します。
 また、TwinCAT3 も一旦リセットするために「デバイス」を右クリックして「削除」を選択します。
 その後、②のスキャンからやり直してください。



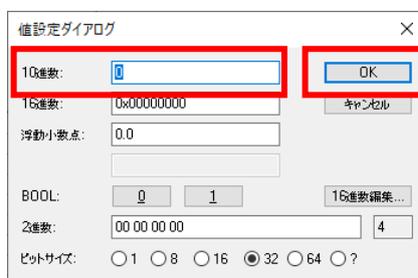
- ⑪ 「ボックス 1」内の「InputCounter process data mapping」>「InputCounter」をクリックします。
 表示されたウィンドウの「オンライン」タブを開くと、現在 AP-RZT2-0A が送信する値が時間経過で増えていくこと
 (OutputCounter=0 のときの動きをすること)を確認します。



- ⑫ 「ボックス 1」内の「OutputCounter process data mapping」>「OutputCounter」をクリックします。
表示されたウィンドウの「オンライン」タブを開き、「書込」ボタンを押します。



AP-RZT2-0A に送信する任意の値を入力して「OK」を押します。



- 「3.1.1 サンプルプログラム動作説明」の通り、入力値によってはボード上の LED の点灯・消灯が切り替わることや、
⑪で確認した「InputCounter」の値が変わることがあるので、併せて動作をご確認ください。

※本サンプルプログラムをビルドし直して動作確認する際、②にて TwinCAT3 上で「スキャン」を選択しても CPU ボードを検出できない場合があります。

この時 FSP 内のソースコードに以下の赤字のようなコードを追記して、ビルド・実行することで改善する場合があります。

ap_rzt2_0a_ethercat_sample\src\ether_phy\ether_phy.c (1845 行目～)

1845:	void ether_phy_targets_initialize_ksz9131 (ether_phy_instance_ctrl_t * p_instance_ctrl)
	(中略)
1856:	uint32_t reg;
1857:	
1858:	/* 2.77 TX DLL */
	...

↓

1845:	void ether_phy_targets_initialize_ksz9131 (ether_phy_instance_ctrl_t * p_instance_ctrl)
	(中略)
1856:	uint32_t reg;
1857:	
1858:	/* 7.60 Do not advertise EEE capability */
1859:	R_ETHER_PHY_Write(p_instance_ctrl, ETHER_PHY_REG_MMD_ACCESS_CONTROL,
	(0 << ETHER_PHY_REG_MMD_OPERATION_MODE_OFFSET 7));
1860:	R_ETHER_PHY_Write (p_instance_ctrl, ETHER_PHY_REG_MMD_ACCESS_REGISTER_DATA, 60);
1861:	R_ETHER_PHY_Write (p_instance_ctrl, ETHER_PHY_REG_MMD_ACCESS_CONTROL,
	(1 << ETHER_PHY_REG_MMD_OPERATION_MODE_OFFSET 7));
1862:	R_ETHER_PHY_Write (p_instance_ctrl, ETHER_PHY_REG_MMD_ACCESS_REGISTER_DATA, 0);
1863:	
1864:	/* 2.77 TX DLL */
	...

上記は CPU ボードに搭載された Ethernet Phy が持つ EEE (Energy Efficient Ethernet) 機能を無効化します。これにより不安定なリンクが解消されることがあり、CPU ボードを検出しやすくなります。(FSP v2.1.0 ではデフォルトで Ethernet Phy の初期値 (EEE 機能有効) を使用します)

本サンプルプログラム付属の動作確認用 hex ファイル・bin ファイルは、上記コードを追加した状態でビルド生成したデータになります。

ユーザーが本サンプルプログラムをビルドする際の参考にしてください。

3.3 サンプルプログラムのダウンロード

サンプルプログラムを CPU ボード上で実行するためには、ビルドしたサンプルプログラムの実行ファイルを CPU ボードにダウンロードする必要があります。

サンプルプログラムのビルド方法、CPU ボードにサンプルプログラムをダウンロードする方法、ボードのシリアル FlashROM へ書き込んで実行する方法については、以下のアプリケーションノートに詳細な手順が記されています。

- ・ AN1647 RZ/T2M 開発チュートリアル

4. 開発環境使用時の各設定値

開発環境を使用する際の、AP-RZT2-0A 固有の設定を以下に示します。

ビルド・動作確認方法	
項目名	設定値
サンプルプログラムフォルダ	sample¥ap_rzt2_0a_ethercat_sample
プロジェクト	ap_rzt2_0a_ethercat_sample
デバッグ時のボード設定	「4.1 スイッチ設定」参照
デバッグ用出力フォルダ	/ap_rzt2_0a_ethercat_sample/Debug
デバッグ用実行ファイル	ap_rzt2_0a_ethercat_sample.elf
Debug hardware	J-Link ARM
Target Device	R9A07G075M24_CR52_0
SerialFlash 書き込み用フォルダ	ap_rzt2_0a_ethercat_sample¥Release
書き込みファイル	ap_rzt2_0a_ethercat_sample.bin

4.1 スイッチ設定

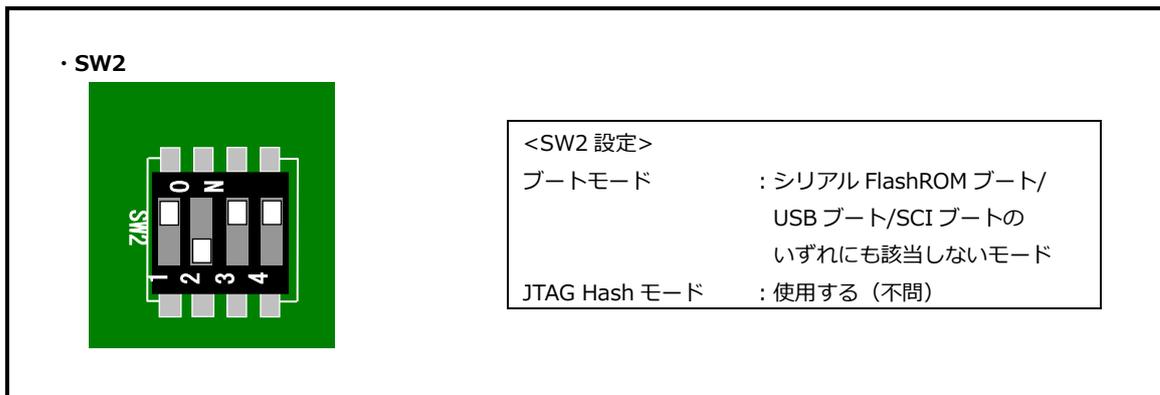


Fig4.1-1 デバッグ時のボード設定

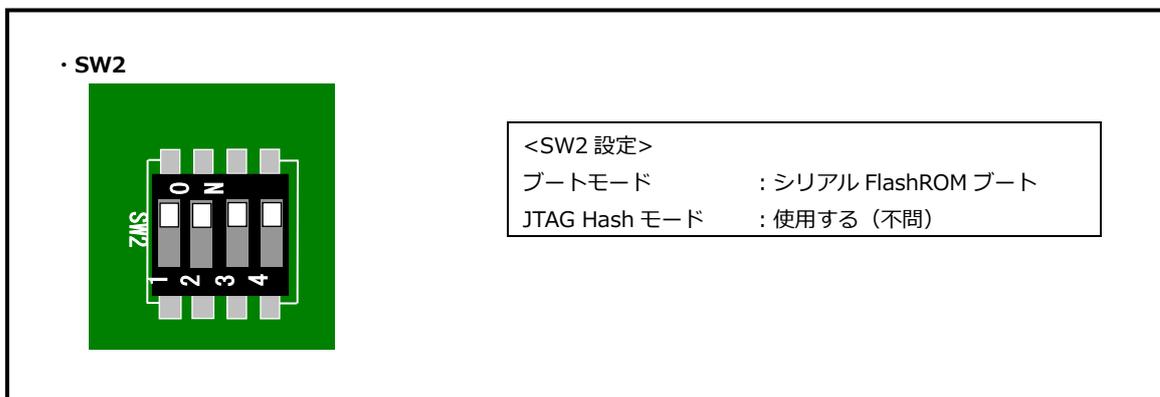


Fig4.1-2 シリアル FlashROM ブート時のボード設定

ご注意

- ・本文書の著作権は株式会社アルファプロジェクトが保有します。
- ・本文書の内容を無断で転載することは一切禁止します。
- ・本文書に記載されているサンプルプログラムの著作権は株式会社アルファプロジェクトが保有します。
- ・本サンプルプログラムで使用されているミドルウェアおよびドライバの著作権はルネサス エレクトロニクス株式会社が保有します。
- ・本文書に記載されている内容およびサンプルプログラムについてのサポートは一切受け付けておりません。
- ・本文書の内容およびサンプルプログラムに基づき、アプリケーションを運用した結果、万一損害が発生しても、弊社では一切責任を負いませんのでご了承ください。
- ・本文書の内容については、万全を期して作成いたしました。万が一不審な点、誤りなどお気づきの点がありましたら弊社までご連絡ください。
- ・本文書の内容は、将来予告なしに変更されることがあります。

商標について

- ・ RZ および RZ/T2M は、ルネサス エレクトロニクス株式会社の登録商標、商標または商品名称です。
- ・ Arm[®] は Arm Ltd. の登録商標です。
- ・ e2 studio は、ルネサス エレクトロニクス株式会社の登録商標、商標または商品名称です。
- ・ J-Link は、SEGGER Microcontroller GmbH & Co. KG の登録商標もしくは商標です。
- ・ Flexible Software Package は、ルネサス エレクトロニクス株式会社の登録商標、商標または商品名称です。

- ・ Windows[®] の正式名称は Microsoft[®] Windows[®] Operating System です。
- ・ Microsoft、Windows は、米国 Microsoft Corporation. の米国およびその他の国における商標または登録商標です。
- ・ Windows[®] 10、Windows[®] 11 は、米国 Microsoft Corporation. の商品名称です。
本文書では下記のように省略して記載している場合がございます。ご了承ください。
Windows[®] 10 は Windows 10 もしくは Win10
Windows[®] 11 は Windows 11 もしくは Win11

- ・ EtherCAT[®]、Slave Stack Code、TwinCAT3[®] は、Beckhoff Automation GmbH. の登録商標もしくは商標です。

- ・ その他の会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。



株式会社アルファプロジェクト
〒431-3114
静岡県浜松市中央区積志町 834
<https://www.apnet.co.jp>
E-Mail: query@apnet.co.jp