μT-Kernel3.0
STM32L4 IoT-Engine 向け
構築手順書書

Version.01.00.01

2021.05.17

更新履歴

版数(日付)	内　容
1.00.01 (2021.05.17)	● 開発環境のバージョンの更新 ● 全体の見直しおよび変更
1.00.00 (2020.12.09)	● 初版

目次

1. 概要

1.1 目的

本書は、TRON フォーラムからソースコードが公開されている STM32L4 IoT-Engine 向けμT-Kernel3.0 の開発環境の構築手順を記す。
以降、本ソフトとは前述のμT-Kernel3.0 のソースコードを示す。

1.2 対象 OS およびハードウェア

本書は以下を対象とする。

分類	名称	備考
OS	μT-Kernel3.00.04	TRON フォーラム
実機	STM32L4 IoT-Engine	UC テクノロジー製
搭載マイコン	STM32L486VG	ST マイクロエレクトロニクス製

1.3 対象開発環境

本ソフトは C 言語コンパイラとして、GCC(GNU Compiler)を前提とする。
ただし、本ソフトはハードウェア依存部を除けば、標準の C 言語で記述されており、他の C 言語コンパイラへの移植も可能で可能である。

2. C コンパイラ

2.1 GCC バージョン

本ソフトの検証に用いた GCC のバージョンを以下に記す。

GNU Arm Embedded Toolchain 10-2020-q4-major

2.2 動作検証時のオプション

本ソフトの動作検証時のコンパイラ及びリンカのオプションを示す。なお、オプションは、開発するアプリケーションに応じて適したものを指定する必要がある。

最適化オプションは、検証時には-O2 を設定している。
リンクタイム最適化-flto(Link-time optimizer)については動作を保証しない。

その他の主なオプションを以下に示す。

コンパイルオプション

```
-mcpu=cortex-m3 -mthumb -ffreestanding -std=gnu11
```

リンクオプション

```
-mcpu=cortex-m3 -mthumb -ffreestanding -nostartfiles
```

2.3 インクルードパス

μT-Kernel3.0 のソースディレクトリ中の以下のディレクトリを、ビルド時のインクルードパスに指定する。

ディレクトリパス	内容
¥config	コンフィギュレーションファイル
¥include	共通ヘッダファイル
¥kernel¥knlinc	カーネル内共通ヘッダファイル

¥kermel¥knlinc は OS 内部でのみ使用するヘッダファイルである。ユーザプログラムでは、¥config と¥include のヘッダファイルのみを使用する。

2.4 標準ライブラリ

本ソフトは基本的にはコンパイラの標準ライブラリを使用しない。ただし、演算に際してライブラリが使用される場合がある。本ソフトではデバッグサポート機能の中の

演算で使用されている（td_get_otm および td_get_tim の処理内で__aeabi_idivmod 関数が使用されている）。
デバッグサポート機能を使用しない場合は、標準ライブラリは不要である。リンカオプションで-nostdlib が指定可能となる。ただし、アプリケーションで使用している場合はこの限りではない。

3. 開発環境と構築手順

本ソフトをビルドするための開発環境の準備と構築手順を説明する。

本ソフトは極力、特定の開発環境に依存しないように作られている。ここでは例として、Windows の PC において、自動ビルドツール Make を使用する場合と、オープンソースの統合開発環境 Eclipse を使用する場合を説明する。
なお、ここに示す開発環境や構築手順はあくまで例であり、ユーザそれぞれの環境などによって差異がある場合がある

3.1 共通開発ソフトの準備

C コンパイラなど共通の開発ツールをインストールする。これらは Eclipse でも Make でも使用する。

(1) C コンパイラのインストール
GCC コンパイラー式を以下からダウンロードする。

GNU Arm Embedded Toolchain
https://developer.arm.com/tools-and-software/open-source-software/developer-tools/gnu-toolchain/gnu-rm

本稿作成時に検証したバージョンは以下の通り。

gcc-arm-none-eabi-10-2020-q4-major

ダウンロードした zip ファイルを任意の場所に展開する。

(2) 開発ツールのインストール
GCC toolchain を使用するためのツール一式（make など）を以下からダウンロードする。

xPack Windows Build Tools
https://github.com/xpack-dev-tools/windows-build-tools-xpack/releases

本稿作成時に検証したバージョンは以下の通り。
xPack Windows Build Tools v4.2.1-2

ダウンロードした zip ファイルを任意の場所に展開する。

3.2 Make を使用したビルド方法

3.2.1 ビルド環境の準備

(1) 実行パスの設定

Windows のコマンドシェル（PowerShell またはコマンドプロンプト）から、GCC および Make が実行可能となるように、環境変数 path に GCC を展開したディレクトリ内の¥bin ディレクトリのパスおよび、xPack Windows Build Tools を展開したディレクトリ内の¥bin ディレクトリのパスを追加設定する。

コマンドシェルから GCC（arm-none-eabi-gcc）および make コマンドが実行可能であることを確認する。

(2) makefile の設定

本ソフトのソースコード中の Make 用ビルドディレクトリ(build_make)に makefile が格納されている。

ディレクトリ(build_make)の内容を以下に示す。

名称	説明
makefile	μT-Kernel 3.0 のビルド規則（ルート）
iote_m367.mk	M367 IoT-Engine 用のビルド規則(※)
iote_rx231.mk	RX231 IoT-Engine 用のビルド規則(※)
iote_stm32l4.mk	STM32L4 IoT-Engine 用のビルド規則
/mtkernel_3	Make 作業用ディレクトリ

※ 本書の説明では使用しない。

makefile ファイルの先頭の以下の定義を変更する。

定義名	初期値	説明
EXE_FILE	mtkernel_3	ビルドする実行ファイル名
TARGET	_IOTE_M367_	対象とするハードウェア STM32L4 IoT-Engine の場合は「**_IOTE_STM32L4_**」に変更する

また、iote_stm32l4.mk の先頭の以下の定義を必要に応じて変更する。

定義名	初期値	説明
GCC	arm-none-eabi-gcc	C コンパイラのコマンド名

AS	arm-none-eabi-gcc	アセンブラのコマンド名
LINK	arm-none-eabi-gcc	リンカのコマンド名
CFLAGS	省略(※)	C コンパイラのオプション
ASFLAGS	省略(※)	アセンブラのオプション
LFLAGS	省略(※)	リンカのオプション
LINKFILE	省略(※)	リンク定義ファイル

※ iote_stm32l4.mk ファイルの記述を参照

他のファイルについては OS のソースコードの変更が無い限り、変更する必要はない。ただし、ユーザプログラムの追加等については、それぞれ対応するビルド規則を記述する必要がある。

また app_sample ディレクトリ下のアプリケーションについては以下のファイルでビルド規則が記述されている。

build_make¥mtkernel_3¥app_sample¥subdir.mk

app_sample ディレクトリにソースファイルを追加しても対応可能なビルド規則となっているが、サブディレクトリには対応してない。サブディレクトリを作成する場合はビルド規則の記述を変更する必要がある。

3.2.2 プロジェクトのビルド

Windows のシェル（PowerShell またはコマンドプロンプト）上で、build_make ディレクトリをカレントディレクトリとし、以下のコマンドを実行する。

```
make all
```

ビルドが成功すると、build_make ディレクトリ下に、実行コードの ELF ファイルが生成される。ELF ファイルの名称は EXE_FILE で指定した名称である(初期値では mtkernel_3.elf が生成される)。

また、以下のコマンドを実行すると、ELF ファイルおよびその他の中間生成ファイルが削除される。

```
make clean
```

3.3 Eclipse を使用した構築手順

3.3.1 Eclipse の準備

(1) Eclipse のインストール

Eclipse と CDT および Eclipse を実行するための Java 実行環境を準備する。
Eclipse 本体と日本語化プラグイン、その他必要なソフトをまとめたオールインワン・パッケージ Pleiades All in One は以下からダウンロード可能である。

MergeDoc Project https://mergedoc.osdn.jp/

本稿作成時に検証したバージョンは以下の通り。

Pleiades All in One リリース 2021-03 Full Edition
pleiades-2021-03-cpp-win-64bit-jre_20210329.zip

ダウンロードした zip ファイルを任意の場所に展開する。

(2) Eclipse の起動

Eclipse の実行は、zip ファイルを展開したディレクトリ中の以下のプログラムを起動する。
<展開したディレクトリ>¥eclipse¥eclipse.exe

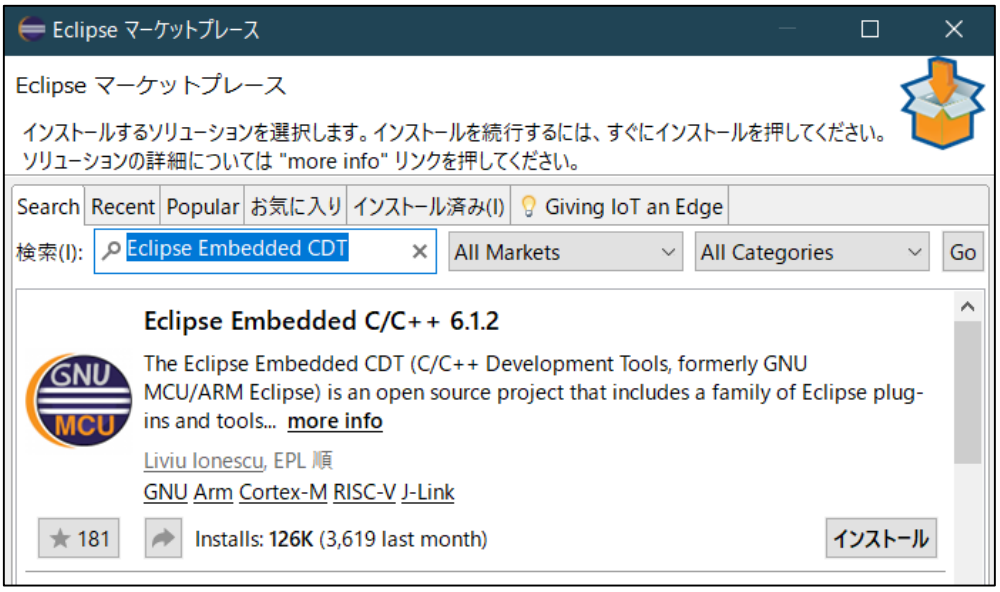
Eclipse の初回起動時は、指示に従いワークスペースを作成する。ワークスペースは、Eclipse の各種設定などが保存される可能的な作業場である。

(3) クロス開発プラグインの追加

Eclipse に ARM マイコン開発のためのクロス開発プラグインを以下の手順で追加する。

メニュー「ヘルプ」→「Eclipse マーケットプレース」を選択する。

開いたダイアログの検索欄に「Eclipse Embedded CDT」を入力し、「Go」を押して実行する。検索結果として「Eclipse Embedded C/C++」が表示されるので、それをインストールする。



3.3.2　プロジェクトの作成

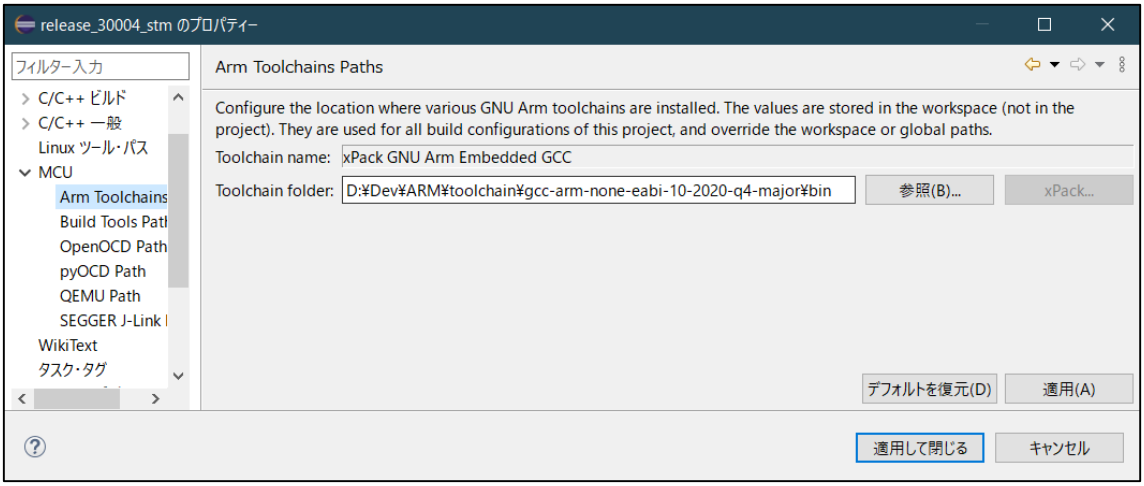
Eclipse にて以下の手順で本ソフトのプロジェクトを作成する。

(1) メニュー「新規」→「C/C++ プロジェクト」を選択する。
開いた新規 C/C++プロジェクトのテンプレート画面で「C 管理ビルド」を選択する。次の C プロジェクト画面で以下を設定する。
・プロジェクト名：任意
・ロケーション：任意
・プロジェクトタイプ：「空のプルジェクト」選択
・ツールチェーン：「Arm Cross GCC」選択

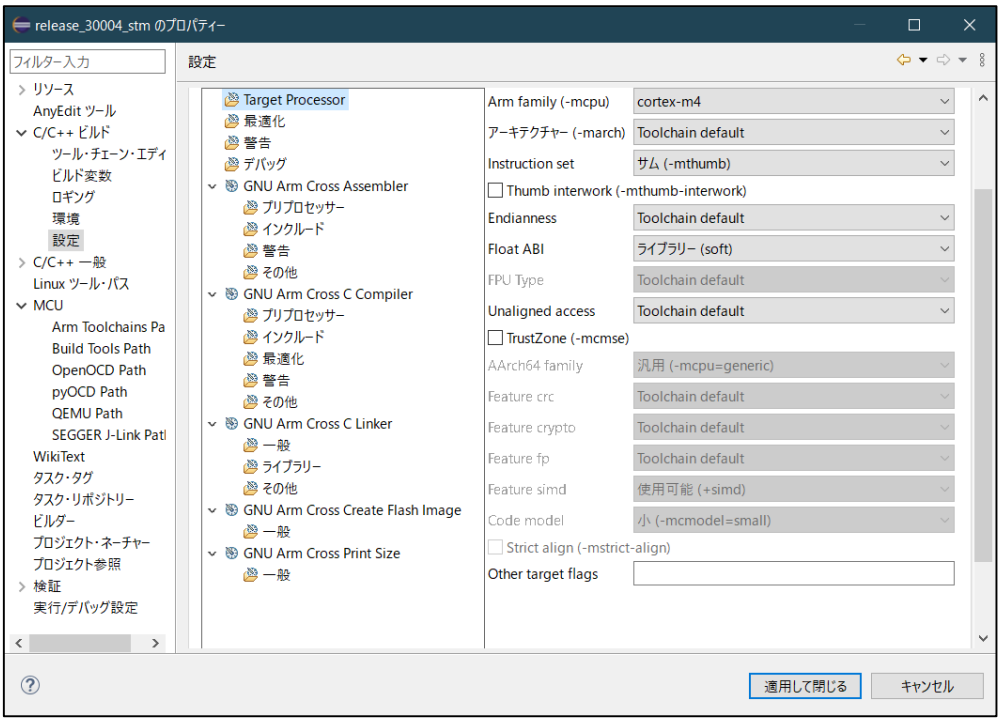
(2) メニュー「ファイル」→「インポート…」を選択する。
開いた選択画面で「一般」→「ファイルシステム」を選択し、ファイルシステム画面でμT-Kernel3.0 のソースコードのディレクトリを入力する。
なお、(1)でプロジェクトのロケーションに、既にソースコードのディレクトリが存在するディレクトリを指定した場合は、インポートは不要である。

(3) メニュー「プロジェクト」→「プロパティ」を選択するとダイアログが開く。
以降、プロパティのダイアログにて各項目を設定していく。なお、本書の設定は一例であり、必要に応じて変更すること。

(4) ダイアログの項目「MCU」を選択し、「Arm Toolchains Path」および「Build Tools Path」に、GCC を展開したディレクトリ内の¥bin ディレクトリのパスおよび、xPack Windows Build Tools を展開したディレクトリ内の¥bin ディレクトリのパスを設定する。
なお、すでに実行パスが設定されている場合はこの設定は不要である。



(5) ダイアログの項目「C/C++ビルド」→「設定」を選択し、「ツール設定」タブを開くと以下のように表示されるので、以降の手順に従って設定を行う。



「Target Processor」

「ARM family」が「cortex-m4」とする

「Float ABI」を「ライブラリ(soft)」とする（FPU を使用しない場合）

「最適化」

「最適化レベル」は任意

オプションは 「Assume freestanding environment (-ffreestanding)」のみを選択

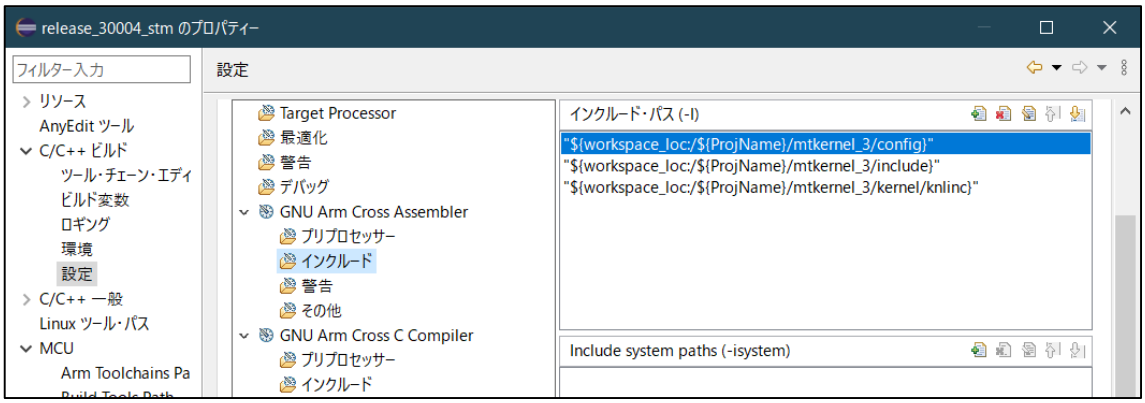
「Cross ARM GNU Assembler」

「プリプロセッサ」の「定義済みのシンボル(-D)」にターゲット名を定義。

_IOTE_ST32L4_

「インクルード」インクルードパスの追加

μT-Kernel3.0 のインクルードパスを設定する。



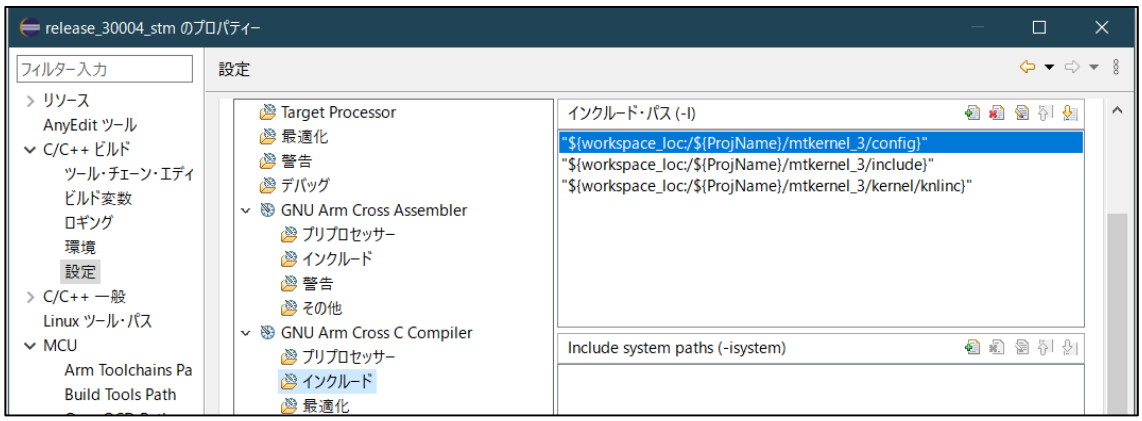
「Cross ARM GNU C Compiler」

「プリプロセッサ」の「定義済みのシンボル(-D)」にターゲット名を定義。

_IOTE_STM32L4_

「インクルード」インクルードパスの追加

μT-Kernel3.0 のインクルードパスを設定する。



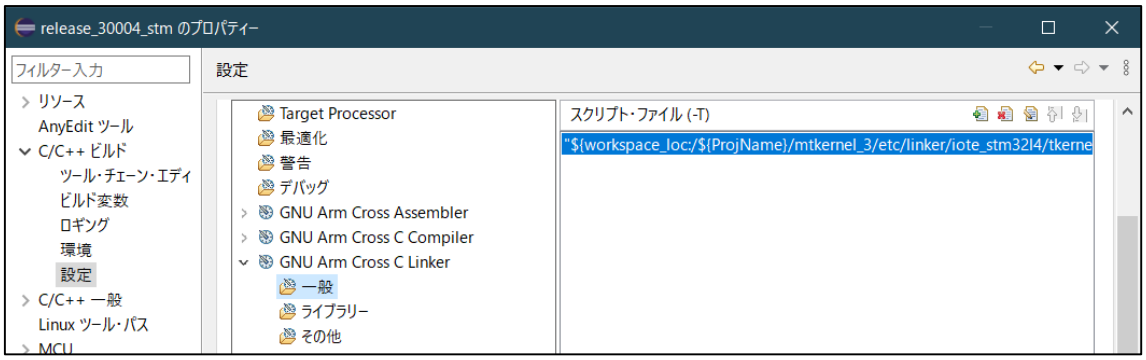
「最適化」の「言語標準」で「GNU ISO C11 (-std=gnu11)」を選択

「Cross ARM GNU C Linker」

「一般」スクリプト・ファイルに、ファイルのパスを設定する。

スクリプト・ファイルは以下にある。

mtkernel_3¥etc¥linker¥iote_stm32l4¥tkernel_map.ld



標準開始ファイルを使用しない(-nostartfiles)のみを選択する。

3.3.3 プロジェクトのビルド

メニュー「プロジェクト」→「プロジェクトのビルド」を選択すると、μT-Kernel のソースコードがコンパイル、リンクされ、実行コードの ELF ファイルが生成される。

4. アプリケーションプログラムの作成

アプリケーションプログラムは、OS とは別にアプリ用のディレクトリを作成して、そこにソースコードを置き、OS と一括でコンパイル、リンクを行う。

公開されているμT-Kernel3.0 のソースコードには、/app_sample ディレクトリにサンプルのアプリケーションのソースコードが含まれている。
ソースコードは以下のファイルに記述されている。

```
/app_sample/app_main.c
```

サンプルのアプリケーションは、初期タスクから二つのタスクを生成、実行し、T-Monitor 互換ライブラリを使用してシリアル出力にメッセージを出力する簡単なプログラムである。これをユーザの作成したアプリケーションプログラムに置き換えればよい。

アプリケーションプログラムには、usermain 関数を定義する。OS は起動後に初期タスクから usermain 関数を実行する。詳細はμT-Kernel3.0 共通実装仕様書「5.2.3 ユーザ定義メイン関数 usermain」を参照のこと。

アプリケーションから OS の機能を使用する場合は、以下のようにヘッダファイルのインクルードを行う。

```
#include <tk/tkernel.h>
```

T-Monitor 互換ライブラリを使用する場合は、さらに以下のインクルードが必要である。

```
#include <tm/tmonitor.h>
```

μT-Kernel3.0 の機能については、μT-Kernel3.0 仕様書を参照のこと。

5. 実機でのプログラム実行

プログラムを実機上で実行する方法を、Eclipse と JTAG エミュレータ J-Link（Segger Microcontroller Systems 製）を使用した例で説明する。
Eclipse の開発環境から J-Link を使用し、実機に実行コードを転送しデバッグを行う。実機には J-Link と接続するための JTAG インタフェースが必要となる。

5.1 SEGGER J-Link Software のインストール

(1) SEGGER J-Link Software を次の Web サイトからダウンロードする。

SEGGER https://www.segger.com/

サイトの「Download」→「J-Link/J-Trace」を選択し、 J-Link Software and Documentation Pack をダウンロードする。以下のインストーラがダウンロードされる（バージョンは変更される可能性がある）。

JLink_Windows_V656a.exe

(2) ダウンロードしたインストーラを実行し、SEGGER J-Link Software をインストールする。

5.2 Eclipse によるプログラムの実行

(1) Eclipse のメニューからメニュー「実行」→「デバッグの構成」を選択し、開いたダイアログから項目「GDB SEGGER J-Link Debugging」を選択する。

(2) 「新規構成」ボタンを押し、「GDB SEGGER J-Link Debugging」に構成を追加する。

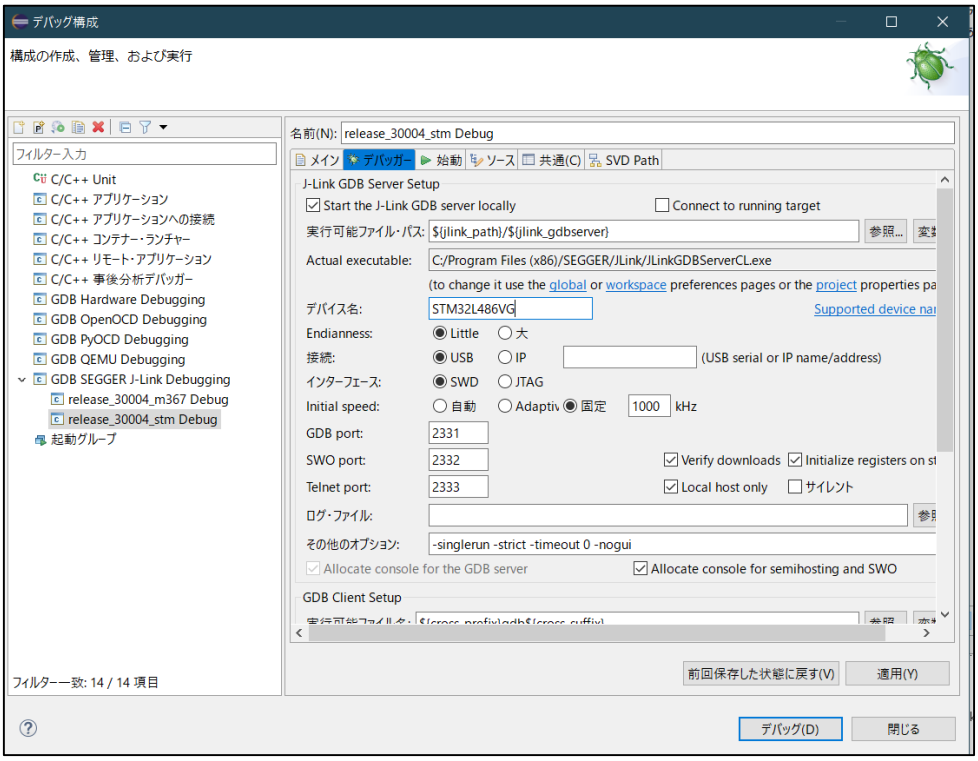
(3) 追加した構成を選択し、「構成の作成、管理、実行」画面にて以下の設定を行う。

「メイン」タブ

名前：（任意）を入力
プロジェクト：前項で作成したプロジェクトを指定
C/C++アプリケーション：ビルドした ELF ファイル

「デバッガー」タブ

デバイス名：「**STM32L486VG**」を入力



「始動」タブ

Set breakpoint at: 「usermain」を入力

(4) デバッグ開始

「デバッグ」ボタンを押すとプログラムが実機に転送され、ROM に書き込まれたのち、実行される。

プログラムは実行すると、OS 起動後にユーザのアプリケーションプログラムを実行し、usermain 関数にてブレークする。

以上