

Raspberry Pico 2 でマルチコアOSを動かそう

本田 晋也

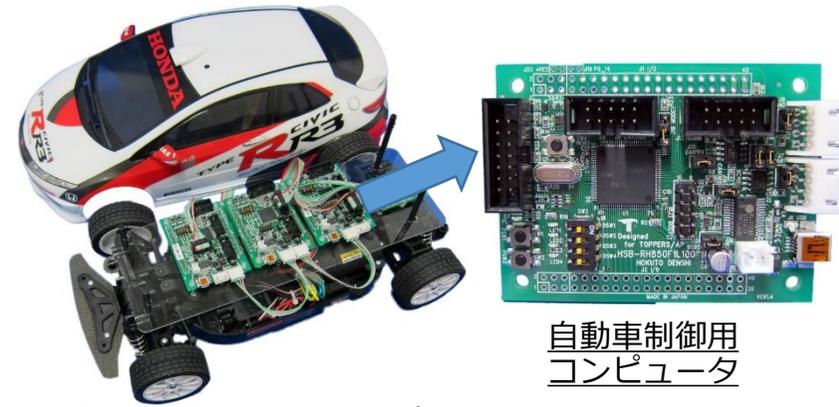
名古屋大学

TOPPERSプロジェクトシニアテクニカルエキスパート

最終更新：2025/05/30

自己紹介

- 研究テーマ
 - コンピュータとソフトウェアに関する研究
 - 自動車向けのソフトウェア (OS)
 - 家電向けのソフトウェア (OS)
 - AI処理のハードウェア化
 - システムレベル設計
- 研究開発成果はオープンソースとして公開
 - Webで公開して誰でも無償で使用出来る
 - 企業が製品に組み込んで販売している
 - プロ用デジタルカメラ
 - プリンター
 - ロケット



自動車用ソフトウェア
ラットホームデモ用模型



α6700
(SONY)



PM-A970 (EPSON)



H-IIIB (JAXA)

Raspberry Pico 及び Raspberry Pico 2 で動作するマルチコア対応RTOSについて紹介

• 特徴

- 容易に使用可能
 - VS CodeのRaspberry Pi Pico拡張機能によりビルド可能
 - 作成済みのプロジェクトを公開
- 豊富なドライバが使用可能
 - Pico SDKと組合せて使用することが可能
- ITRONの資産が使用可能
 - 過去の開発成果物の流用
- 技術サポートが豊富
 - 無料のコミュニティサポート
 - 有料での企業サポート

TOPPERSプロジェクトとは?



- ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組み込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

組み込みシステム分野において、Linuxのように広く使われるオープンソースOSの構築を目指す!

- プロジェクトの狙い
 - 決定版のITRON仕様OSの開発
 - 次世代のリアルタイムOS技術の開発
 - 組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発
 - 組み込みシステム技術者の育成への貢献
- プロジェクトの推進主体
 - 産学官の団体と個人が参加する産学官民連携プロジェクト
 - 2003年9月にNPO法人として組織化

主な開発成果物 一般公開しているもの

- 第1世代カーネル
 - TOPPERS/JSPカーネル, TOPPERS/FI4カーネル
 - TOPPERS/ATK1 (Automotiveカーネル バージョン1)
 - TOPPERS/FDMPカーネル, TOPPERS/HRPカーネル
- 第2世代カーネル
 - TOPPERS/ASPカーネル, TOPPERS/SSPカーネル
 - TOPPERS/FMPカーネル, TOPPERS/HRP2カーネル
 - TOPPERSテストスイートパッケージ (TTSP)
- 第3世代カーネル
 - TOPPERS/ASP3カーネル
 - TOPPERS/FMP3カーネル
 - TOPPERS/HRP3カーネル
 - TOPPERS/HRMP3カーネル
- AUTOSAR関連
 - TOPPERS/ATK2 (Automotiveカーネル バージョン2)
 - TOPPERS/A-COMSTACK, TOPPERS/A-WDGSTACK
 - TOPPERS/A-RTEGEN

開発成果物の主な利用事例



エスクード (スズキ)



スカイラインハイブリッド (日産)



IPS (エプソン)



α6700(SONY)



提供: JAXA, イラスト: 池下章裕
ASTRO-H (JAXA)



OSP-P300 (オークマ)



PM-A970(エプソン)

H-IIIB (JAXA)

<開発中>

TOPPERSライセンス

TOPPERSプロジェクトで独自に開発したソフトウェアには、
独自のライセンス条件を設定する

基本的な考え方

- 組み込みシステムの事情を考慮し、GNU GPLやBSDライセンスより自由に使えるライセンス条件とする
- 成果をアピールすることが開発資金獲得に繋がることから、どこでどう使われているかをなるべく知りたい

ライセンス内容

- 派生物をオープンする義務は課さない。派生物を販売するビジネスも可能
- 機器に組み込んで使用する場合の実質的な義務は、利用したことを報告することのみ… **レポートウェア**

TOPPERS/FMP3カーネル：概要

FMP = Flexible MultiProcessor Profile

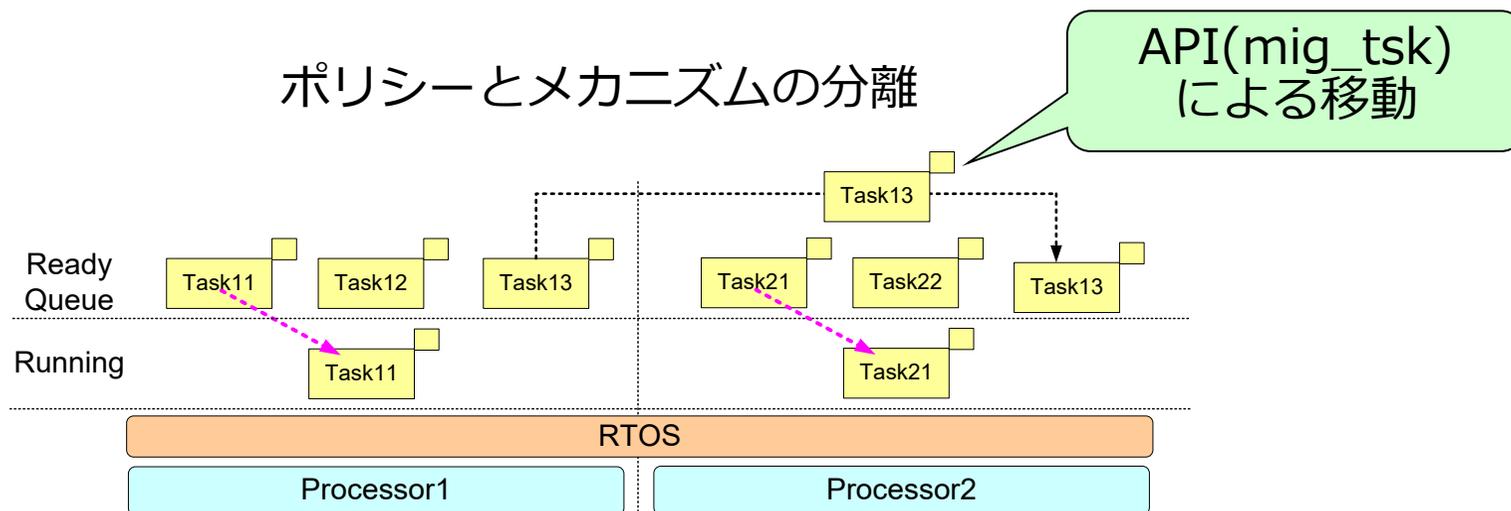
リアルタイム性と動的なタスク移動との両立を目指す

プロセッサ毎のタスクスケジューリング

- リアルタイム性の確保が（比較的）容易
- タスクを移動させるAPI
- 負荷変動への対応が可能

ハイブリッド
スケジューリング方式

ポリシーとメカニズムの分離



開発状況

開発状況ステータス

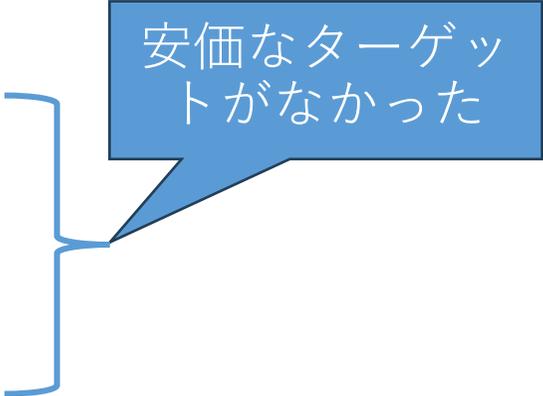
- 2019/3 : Release 3.0.0 オープンソースとして一般公開
- 2019/10 : Release 3.1.0
- 2021/1 : Release 3.2.0
- 2023/5 : Release 3.3.0

仕様

- TOPPERS第3世代カーネル (ITRON系) 統合仕様書
 - https://www.toppers.jp/documents.html#tgki_spec

サポートプロセッサ

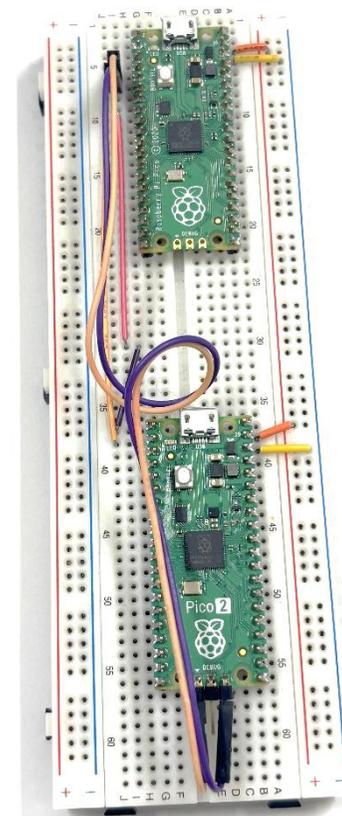
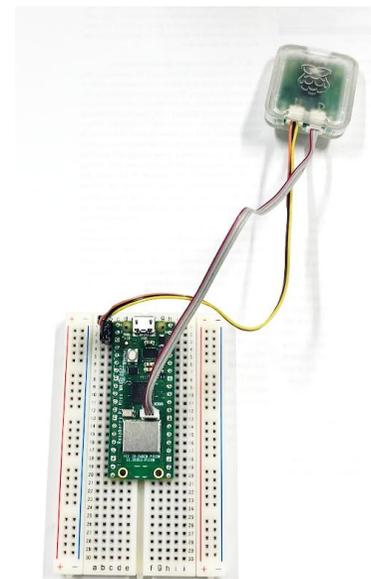
- Xilinx社 Zynq7000(Cortex-A9)
- Xilinx社 Zynq MP(Cortex-A53, Cortex-R5)
- NXP社 i.MX8(Cortex-A53)
- MicroChip社 PolarFireSoC(RISC-V)



安価なターゲットがなかった

Pico/Pico 2 : ハードウェア

- Raspberry Pi シリーズのマイコン
 - Linuxは動作しない
 - OSレスないしはRTOSを使用する
 - Pico : RP2040 : Cortex-M0 x 2
 - Pico2 : RP2350 : Cortex-M33 x 2 or RISC-V x 2
- メリット
 - 安価 Pico 900円～ , Pico2 1100円～
 - 豊富な拡張ボード, 互換ボード
 - 安価にデバッグが可能
 - Pico Probe : 2000円
 - もう一台Picoをデバッガとして使用



Pico/Pico 2 : ソフトウェア環境

- ソフトウェア環境

- SDK

- C言語ライブラリ
 - 周辺回路のドライバ

- VSCode機能拡張

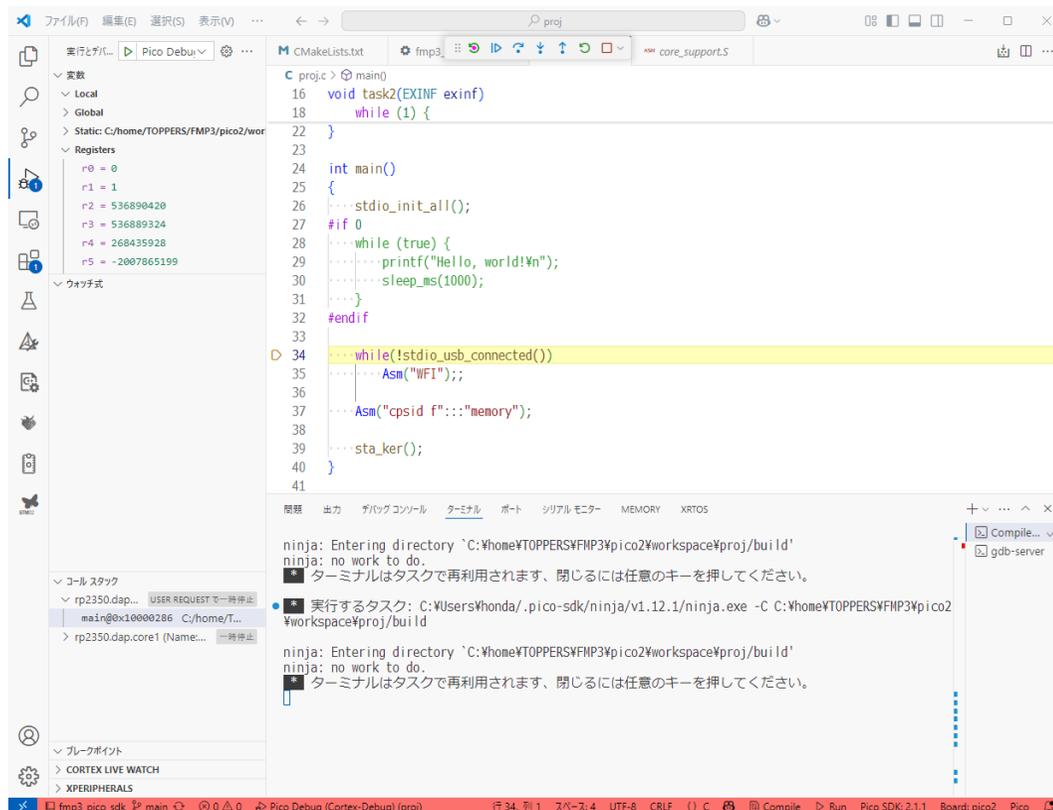
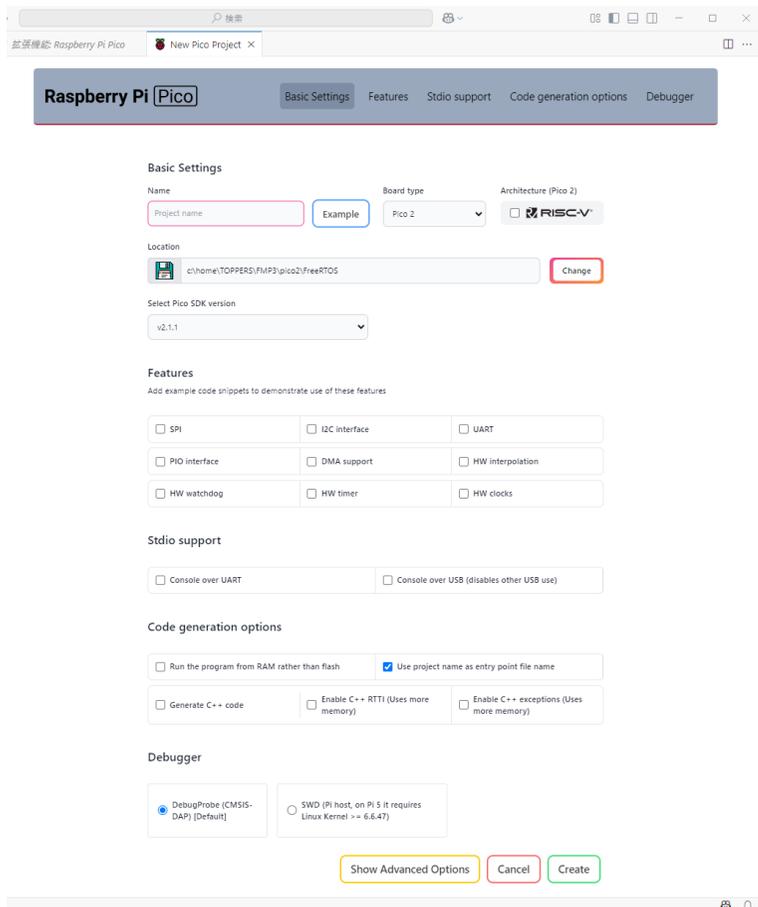
- オフィシャルな機能拡張
 - プロジェクトの生成, ビルド, デバッグがVSCode上で可能
 - Windows/Mac/Linuxサポート
 - SDK, コンパイラ, デバッグ用ツールは機能拡張が自動的にインストール



Raspberry Pico/Pico2 : VSCode拡張

• プロジェクトの作成

• 実行デバッグ



Raspberry Pico/Pico2 : FreeRTOS

- FreeRTOS
 - SDKとは別に管理されている
 - VSCode機能拡張ではインストールされない
 - 自分でソースコードをダウンロード
 - <https://github.com/raspberrypi/FreeRTOS-Kernel>
 - <https://github.com/raspberrypi/pico-examples>
 - VSCode機能拡張で使用する場合はプロジェクトを作成した後、手動でファイルをコピーし、CMakeLists.txtを編集
 - マルチコアをサポート
 - コア割り付けAPIサポート

```
void vLaunch( void ) {
    TaskHandle_t task;
    xTaskCreate(main_task, "MainThread",
        MAIN_TASK_STACK_SIZE, NULL, MAIN_TASK_PRIORITY, &task);
    vTaskCoreAffinitySet(task, 1);
    /* Start the tasks and timer running. */
    vTaskStartScheduler();
}

int main( void ) {
    stdio_init_all();
    vLaunch();
    return 0;
}
```

Raspberry Pico/Pico2 : FMPカーネル

- FreeRTOSとほぼ同様の構成としている
 - VSCodeの拡張をサポート
 - 2つのレポジトリを公開
 - カーネル本体
 - https://github.com/exshonda/fmp3_pico_sdk
 - サンプル
 - https://github.com/exshonda/fmp3_pico_sdk_sample
 - Rubyのインストールが必要
- 使用方法 : サンプルを実行するだけならFreeRTOSより簡単
 - サンプルのレポジトリをクローン
 - サブモジュールのinit (`git submodule update --init`)
 - VSCodeでフォルダを開く
 - ビルド
 - デバッグ

Raspberry Pico/Pico2 : FMP3カーネル

- main()関数からカーネルを呼び出すことで動作を開始する
- タスク等は全て静的に生成

• main()関数

```
void task1(EXINF exinf) {
    while (1) {
        printf("[CORE%d] Hello, world!%n", (exinf >> 16) - 1);
        dly_tsk(991 * 1000);
    }
}

void task2(EXINF exinf) {
    while (1) {
        printf("[CORE%d] Hello, world!%n", (exinf >> 16) - 1);
        dly_tsk(1009 * 1000);
    }
}

int main() {
    stdio_init_all();
    Asm("cpsid f":::"memory");
    sta_ker();
    return 0;
}
```

• コンフィギュレーションファイル

```
CLASS(CLS_ALL_PRC1){
    CRE_TSK(TASK1_1, { TA_ACT, 0x10000|1, task1,
                    TASK_PRIORITY, STACK_SIZE, NULL });
}

CLASS(CLS_ALL_PRC2){
    CRE_TSK(TASK2_1, { TA_ACT, 0x20000|1, task2,
                    TASK_PRIORITY, STACK_SIZE, NULL });
}
```

Raspberry Pico/Pico2 : FMP3カーネル

- FMP3カーネルを使用するメリット
 - 仕様が明確
 - 日本語の仕様書がダウンロード可能
 - https://www.toppers.jp/docs/tech/tgki_spec-360/tgki_spec-360.html
 - 学習が容易
 - 教材が公開されており学習が容易
 - <https://enpit-emb.nces.i.nagoya-u.ac.jp/enpit-pro-emb/materials/index.html>
 - 有効の公開講座も実施
 - 組込みシステム向けのマルチコア対応RTOS初級
 - <https://enpit-emb.nces.i.nagoya-u.ac.jp/enpit-pro-emb/course/2025/PRO-001.html>
 - 技術サポートや保証
 - ユーザーフォーラム
 - <https://github.com/toppers/users-forum>
 - 有償の企業サポート
- 信頼性
 - 前進のFMPカーネルには数千のテストスイートを開発
 - FMPカーネルを踏襲して開発している

まとめと今後の発展

- まとめ
 - Raspberry Pico/Pico2使用可能なOSSのRTOS
 - FreeRTOSより簡単に使用可能
 - 教材等が充実
- 今度の発展
 - 導入マニュアルの充実
 - 教材の用意
 - 既存の環境はZynq7000(数年前は2万だったが現在は5万…)
 - RISC-Vのサポート
 - FreeRTOSとの性能比較