



リアルタイムOS TOPPERS を 使ってみたい人のための マイコンボードと開発環境の選び方・使い方



2024年11月16日

NPO法人TOPPERSプロジェクト

<https://www.toppers.jp/>

伊与田 健敏



本日の内容

- TOPPERSプロジェクトの紹介（簡単に）
- はじめて TOPPERS 成果物を使う人のためにオススメの
 - 簡単に動かせるマイコンボード
 - 開発環境
- 「TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト」の紹介

TOPPERSプロジェクトとは？



TOPPERS = Toyohashi OPen Platform for Embedded and Real-time Systems

- プロジェクトの活動内容
 - 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

組込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



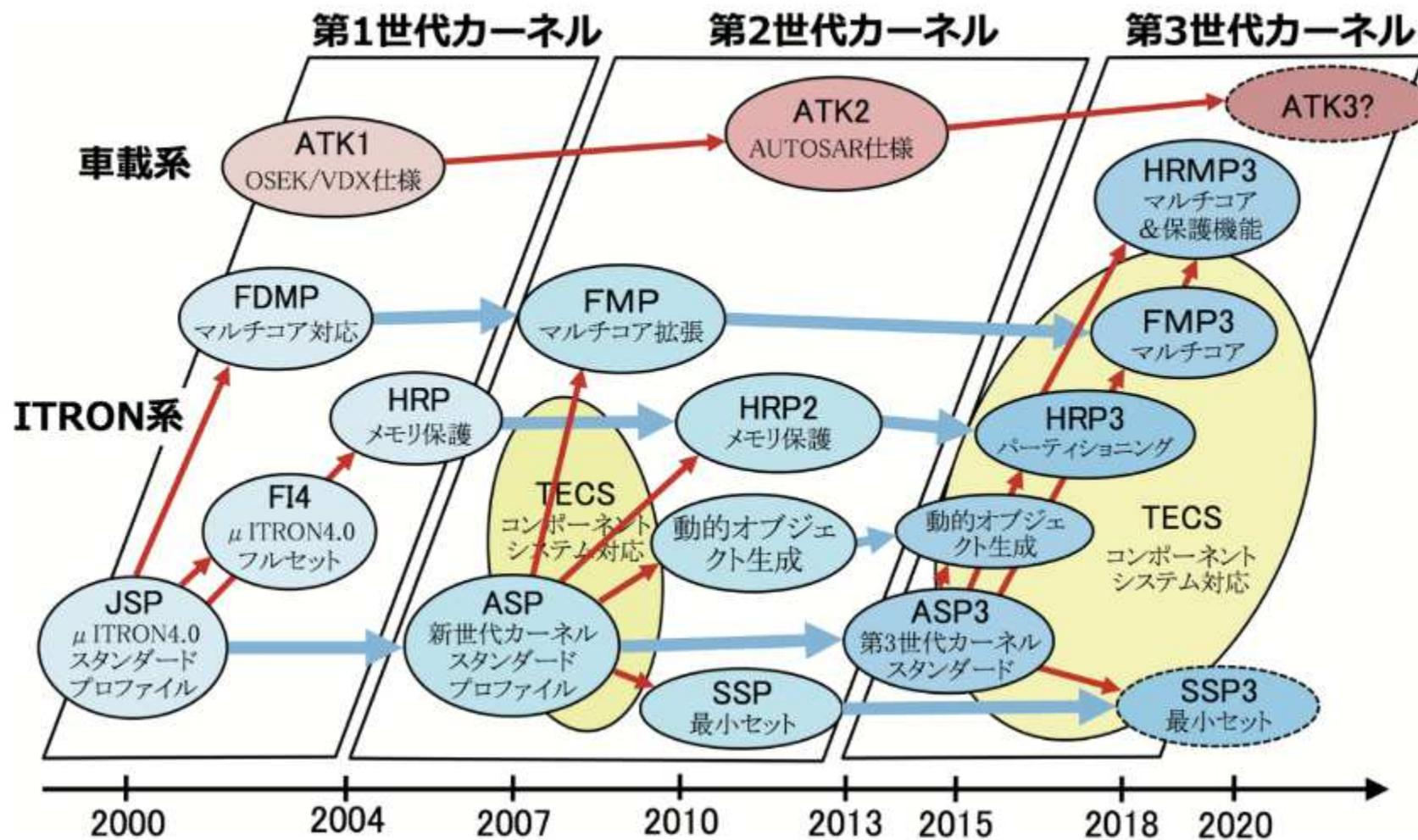
主にこんなものを作っています

- 組み込みリアルタイム OS カーネル
 - μ ITRON の流れを汲む OS
 - 自動車制御向け OS
- 通信プロトコルスタック
 - TCP/IP や 自動車向け CAN, LIN など
- 組み込み技術者向け教材
 - TOPPERS基礎1,2,3実装セミナー
 - <https://www.toppers.jp/edu-basebp.html>
- シミュレーション環境
 - 箱庭 プロジェクト
 - <https://toppers.github.io/hakoniwa/>



リアルタイムOS カーネル

TOPPERSカーネル開発ロードマップ





TOPPERSライセンス



<ソフトウェアの名称>

Copyright (C) <開発年> by <著作権者1>

Copyright (C) <開発年> by <著作権者2>

...

概ね MIT/BSD ライセンス
+ 使用報告すれば著作権表示を免除

上記著作権者は、以下の (1)~(4) の条件を満たす場合に限り、本ソフトウェア(本ソフトウェアを改変したものを含む。以下同じ)を使用・複製・改変・再配布(以下、利用と呼ぶ)することを無償で許諾する。

- (1)本ソフトウェアをソースコードの形で利用する場合には、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定が、そのままの形でソースコード中に含まれていること。
- (2) 本ソフトウェアを、ライブラリ形式など、他のソフトウェア開発に使用できる形で再配布する場合には、再配布に伴うドキュメント(利用者マニュアルなど)に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。
- (3) 本ソフトウェアを、機器に組み込むなど、他のソフトウェア開発に使用できない形で再配布する場合には、**次のいずれかの条件を満たすこと。**
 - (a) 再配布に伴うドキュメント(利用者マニュアルなど)に、上記の著作権表示、この利用条件および下記の無保証規定を掲載すること。(※ MIT/BSD ライセンスと同じ)
 - (b) 再配布の形態を、別に定める方法によって、TOPPERSプロジェクトに報告すること。**
(※ 著作権表示すらしたくない・できない、という場合にも対応)
- (4) 本ソフトウェアの利用により直接的または間接的に生じるいかなる損害からも、上記著作権者およびTOPPERSプロジェクトを免責すること。また、本ソフトウェアのユーザまたはエンドユーザからのいかなる理由に基づく請求からも、上記著作権者およびTOPPERSプロジェクトを免責すること。



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)



IPSiO GX e3300 (リコー)



H-IIIB (JAXA)



Cell³iMager duos
(SCREEN
ホールディングス)



OSP-P300
(オークマ)



SoftBank
945SH
(シャープ)



UA-101 (Roland)



PM-A970(エプソン)



TOPPERS宇宙へ飛び立つ！

- TOPPERS/HRPカーネルを用いた誘導制御計算機等を搭載したH-IIBロケット
- 2012年7月21日種子島宇宙センターから打ち上げ成功



撮影：高田広章

はじめて使う人のために……



成果物はTOPPERS 公式サイトで配布されていますが……

- どれを使えばいいのか、さっぱりわからない
- ダウンロードしたけど、ドキュメントの意味がさっぱり分からない
- 私のラズパイや Arudino では動かないの？



ホビー向けのマイコンボード等で
TOPPERS 成果物を試してみたい、という
人向けに、おすすめの製品・環境を紹介

The screenshot shows the TOPPERS website interface. At the top, there's a logo and the text 'Toyohashi Open Platform for Embedded Real-time Systems'. Below that are navigation links: Topics, About Project, ASP3 Kernel, Documents, Download, Community, Report, and Contact. A sidebar on the left lists various kernel types, with 'TOPPERS/ASP3カーネル' highlighted. The main content area has a section titled 'TOPPERS/ASP3とは' and another titled 'TOPPERS/ASP3カーネルのダウンロード方法'. The download method section explains that ASP3 kernels are provided as source code for different target systems and are distributed as two types of packages: one for source code and one for binaries.

<https://www.toppers.jp/>



最新のおすすめ開発環境 三選

ラズパイ

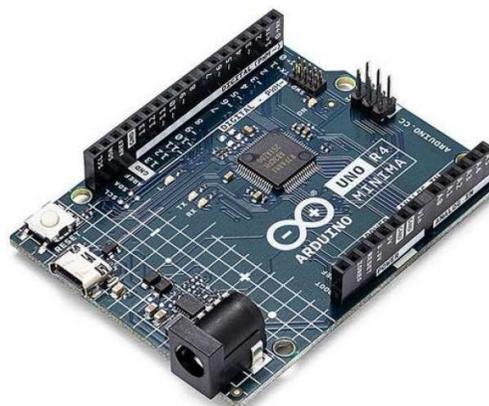
普段は Linux だけど、リアルタイムOSも勉強してみたい



SOLID for
raspberry Pi4

Arduino 電子工作勢

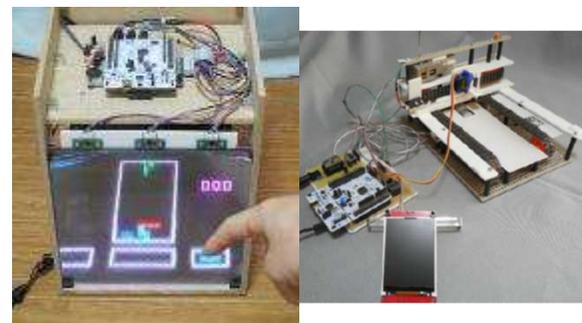
Arduino なら使えるけど、マルチタスクとか複雑な処理もしたい！



Arduino UNO R4

電子工作ガチ勢

安くて高機能なマイコンで、ガンガン開発したい！



Raspberry Pi Pico

Arduinoユーザー向け推奨マイコン

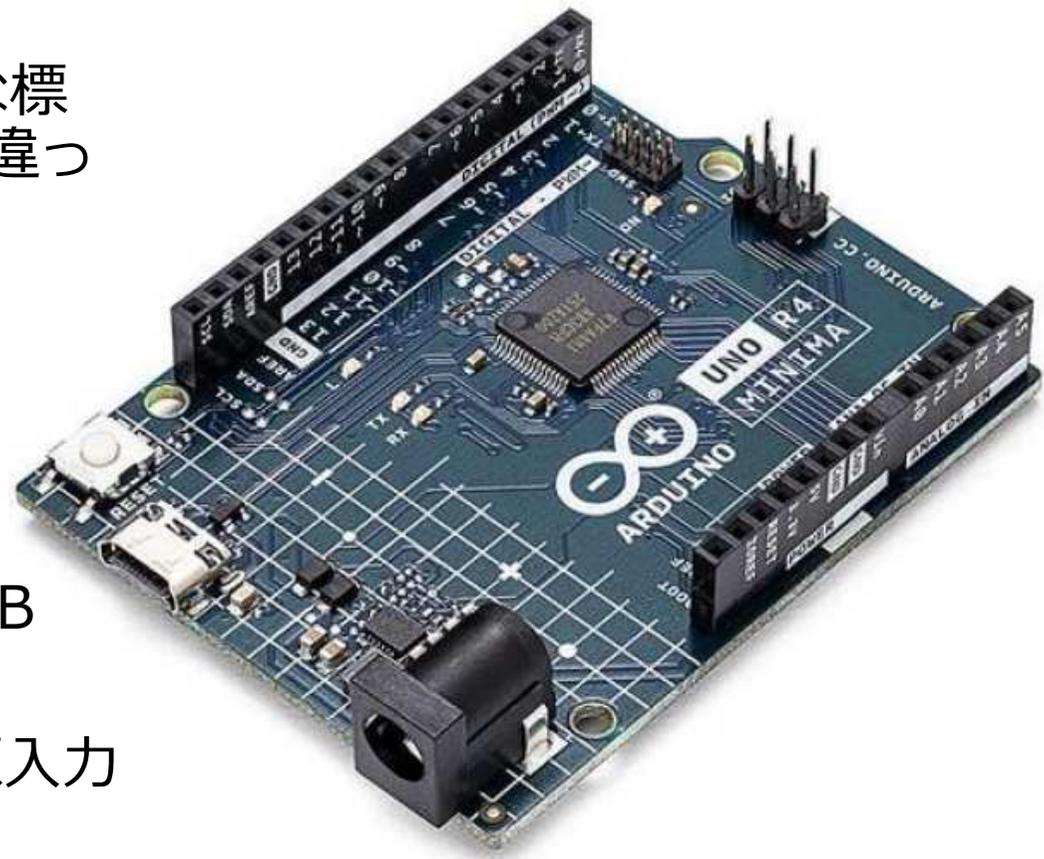


2023年に新たに登場した
Arduinoシリーズの新たな標
準となるボードで、R3と違っ
て32ビットCPUを搭載

搭載されているマイコン

- ・ルネサス製のRA4M1
- ・コアはCortex-M4
- ・ROM256KB、RAM32KB

5V駆動、外部からの電源入力
電圧は24Vまで対応



Arduino Uno R4 ボード

Arduino 感覚で TOPPERS が使える Arduino ライブラリ版 TOPPERS (TA2LIB)



- Arduino UNO R4 の標準開発環境 Arduino IDEで TOPPERS ASPカーネルがそのまま使える(Arduino ライブラリ化 (TA2LIB))

```
ToppersASP_Blink | Arduino IDE 2.3.3
ファイル 編集 スケッチ ツール ヘルプ(H)
Arduino UNO R4 Minima
ToppersASP_Blink.ino
1 #include <ToppersASP-renesas_uno.h>
2
3 #ifdef ARDUINO_UNOR4_MINIMA
4 #define Serial SerialUSB
5 #endif /* ARDUINO_UNOWIFIR4 */
6
7 // the setup function runs once when you press reset or power the board
8 void setup() {
9   Serial.begin(9600);
10  while (!Serial)
11    ;
12
13  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
14  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
15
16  // Start TOPPERS/ASP kernel
17  ...

```

出力

```
Library ToppersASP-renesas_uno has been declared precompiled:
Precompiled library in "C:\Users\Iyota_Labo\Documents\Arduino\libraries\ToppersASP-renesas_uno\src\cortex-m4\fpv4-
Using precompiled library in C:\Users\Iyota_Labo\Documents\Arduino\libraries\ToppersASP-renesas_uno\src\cortex-m4
最大262144バイトのフラッシュメモリのうち、スケッチが44608バイト (17%) を使っています。
最大32768バイトのRAMのうち、グローバル変数が18000バイト (54%) を使っていて、ローカル変数で14768バイト使うことができます。

```

行 1、列 1 Arduino UNO R4 Minima COM4の [未接続] 1



Arduino スケッチでマルチタスク処理

普通の Arduino スケッチ

```
void setup()
{
  // 最初に一度だけ実行する処理
  // (初期化など)
}

void loop()
{
  // 繰り返し何度も実行される処理
}
```

TOPPERS (TA2LIB) を導入した場合

```
void setup()
{
  // カーネル初期化のおまじない
  StartToppersAsp();
}

void loop()
{ // Arduino 標準の繰り返し処理
}

void task1(intptr_t exinf)
{ // タスクとして並行実行される
}

void task2(intptr_t exinf)
{ // 並行実行される
  // RTOS のサービスコール呼び出しも可能
}
```

Arduino IDE に TA2LIB を導入



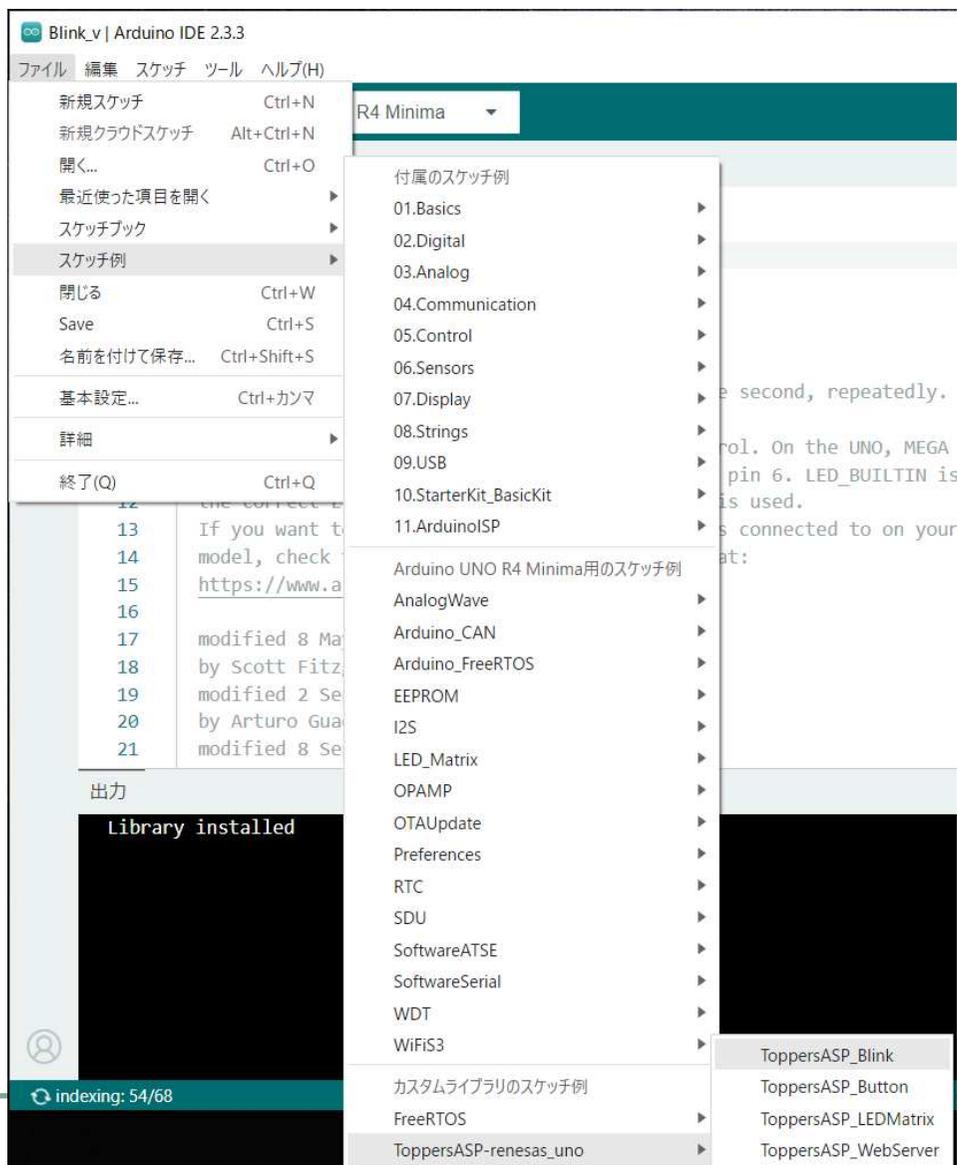
- https://github.com/toppers/Arduino_TOPPERS_ASP-renesas_uno/releases/tag/v1.0.0 から、最新のzipファイルを取得
- Arduino IDE にインストール
(.ZIP形式のライブラリをインストール)





サンプルコードを試す

- スケッチ例
→ToppersASP 以下にサンプルコードがあるので、遊んでみる。



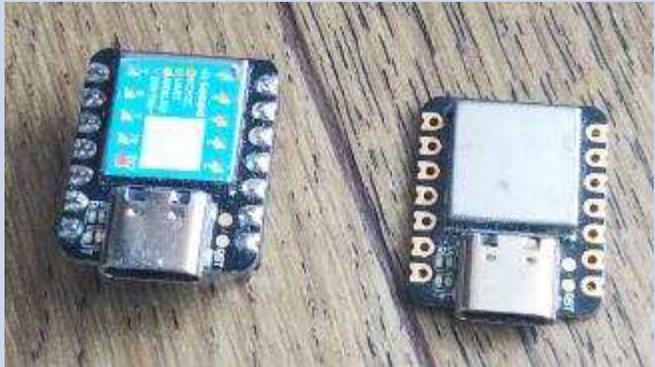


TA2LIB 補足説明

- Arduino でマルチタスクしたい、という人におすすめ
- 元の Arduino 環境の各種ライブラリ
 - 各種デバドラ、通信ミドルウェア、ライブラリ
 - 大体そのまま使えます。
 - 完全な検証は行われていないので、**お仕事で使う**のはおすすめしません。
- (詳しい方向け)
カーネルコンフィギュレータはありません
 - コンフィギュレータ無しカーネル (asp_wo_cfg)を使っています。
https://dev.toppers.jp/trac_user/contrib/browser/asp_wo_cfg/
 - タスク生成等は、user_initrtn()関数で動的に行います。

他の Arduino ユーザ向けマイコン



製品名	Wio Terminal	Seeeduino XIAO
外観		
CPU	ARM Coretex-M4F (+通信用サブCPU)	ARM Cortex-M0
I/O 周辺機能	液晶画面 320x240画素 Wi-Fi, Bluetooth センサ (加速度、マイク etc.) microSD, Grove 端子	デジタル, アナログ I/Oピン X8
価格 (秋月電子)	5,700円	850円

WioTerminal, XIAO の参考情報



**Wio Terminal で TOPPERS/ASPカーネル :
Getting started @exshonda**

<https://qiita.com/exshonda/items/5ed13c87870dee9b2a56>

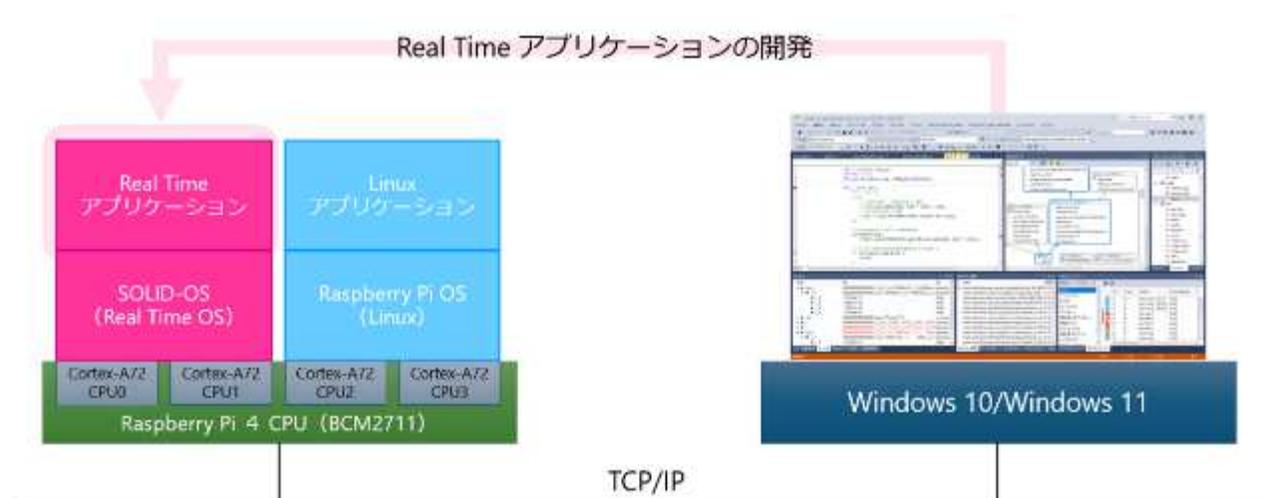
**Seeeduino Xiao で TOPPERS/ASPカーネル :
Getting started**

<https://qiita.com/exshonda/items/38aaef2f635cf9443fb1>



SOLID for Raspberry Pi 4

- TOPPERS 会員企業の京都マイクロコンピュータ(株)より配布中
 - SOLID は、TOPPERS カーネルから派生した商用の組込みOS、統合開発環境の製品
 - Raspberry Pi4 版を無償配布（商用利用も可）
- ラズパイ標準 Linux 環境とリアルタイム OS が、CPU 2+2コアで同時に動作する。



出典: <https://solid.kmckk.com/SOLID/solid4rpi4>

ここがすごい！ SOLID for Raspberry Pi 4



- **ハード・リアルタイム処理を簡単に実現**
 - 独立したCPU2コアで、本物のリアルタイムOS (TOPPERS/FMP3 カーネル) が動作
 - 1ミリ秒オーダの制御も可能
- **Linux の機能はそのまま使える**
 - OS間通信機能により、リアルタイムOS側から Linux のファイルシステムやTCP/IPを利用できる
- **Windows 上のGUI 統合開発環境が使える**
 - MS Visual Studio ベースの IDEで、リモートデバッグも可能
- **話題の Rust 言語にも対応**
 - μ ITRON ソフトウェアを Rust で書ける

出典: <https://solid.kmckk.com/SOLID/solid4rpi4>



リアルタイム処理

GPIO ピンから 1ms 周期の波形を出力した事例

- ハード・リアルタイム処理を簡単、確実に実現できる



Linux 単独で行った場合



SOLID 側から GPIO を制御した場合

出典: <https://note.com/kmc715/n/nba9ae36ba63f>
の埋め込み動画

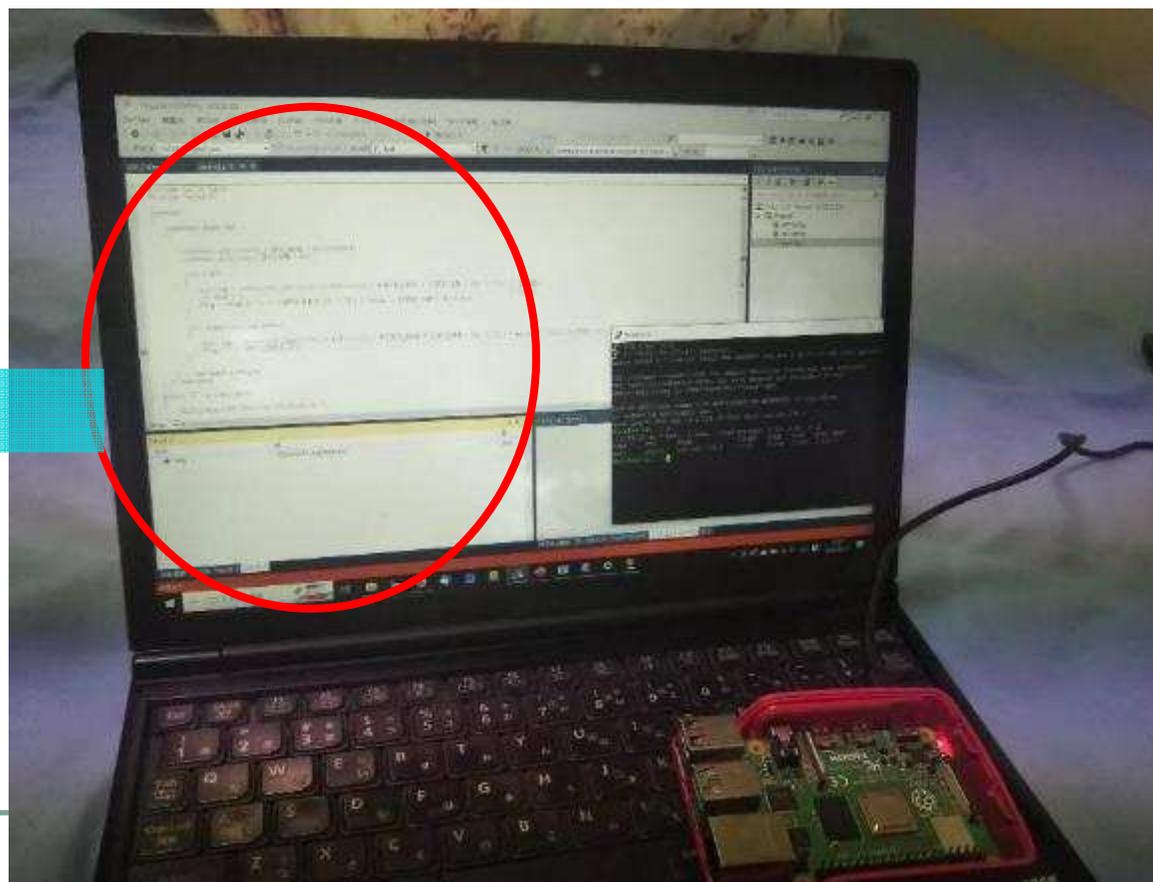


SOLID-IDE からリモートデバッグ

- ラズパイと無線LAN 接続した Windows PC 上の IDE から、RTOS コードをステップ実行している

```
APP_EX00ta # maincpp # * * *  
  
#include <solid_ide.h>  
#include <kernel.h>  
  
namespace  
{  
    namespace green_led  
    {  
  
        constexpr std::uint32_t GPIO_BASE = 0xFE200000UL;  
        constexpr std::size_t GPIO_NUM = 40;  
  
        void init()  
        {  
            auto reg = reinterpret_cast<volatile std::uint32_t*>(GPIO_BASE + 4);  
            int mode = 1;  
            *reg = (*reg & 0x7) << ((GPIO_NUM & 10) * 32) | (mode << ((GPIO_NUM & 10) * 32));  
        }  
  
        void update(bool new_state)  
        {  
            auto reg = reinterpret_cast<volatile std::uint32_t*>(GPIO_BASE + 4);  
            *reg = (*reg & 0x7) << ((GPIO_NUM & 10) * 32) | (new_state << ((GPIO_NUM & 10) * 32));  
        }  
  
    } // namespace green_led  
} // namespace  
  
extern "C" void slog_main()  
{  
    SOLID_LOG_print("Starting LED blinker\n");  
}
```

名前	値
reg	1735420071 (0x6770696F)





SOLID for Raspberry Pi 4 の情報源

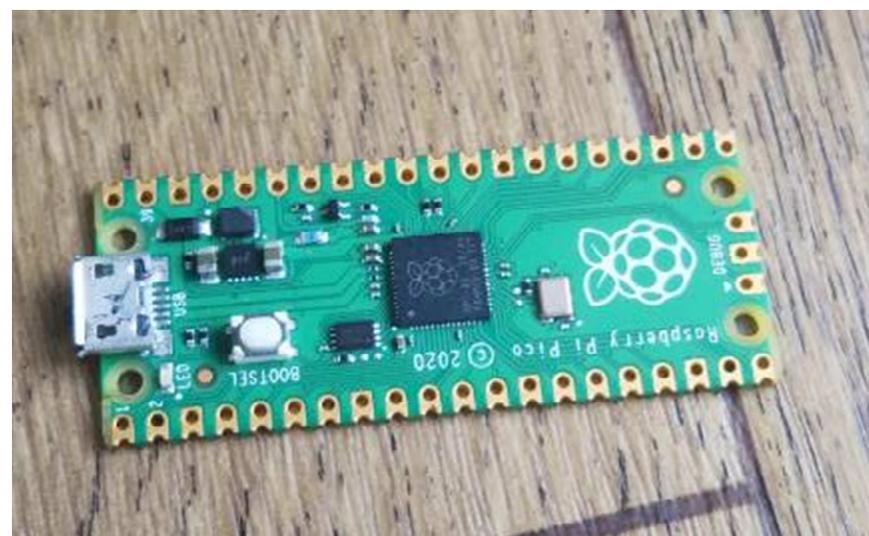
- SOLID for Raspberry Pi 4 配布サイト
 - <https://solid.kmckk.com/SOLID/solid4rpi4>
- 技術情報
 - KMC 社 スタッフによるSOLID for RPI4 入門記事
<https://note.com/kmc715/>
- CQ出版 月刊インターフェース誌 関連記事
 - 2023年2月号:
RTOS×Linuxのいいところ取り! 100 μ s周期のハンドラ処理も正確に駆動するデュアルOS環境SOLID for RaspberryPi4 (開発者自身による記事)
 - 2023年5月号:
ラズパイ向けRust環境SOLIDのインストール
- 過去の OSC セミナ (2023 Online/Spring)



Raspberry Pi Pico

2021年に 発売された話題の マイコンボード

- Arm Cortex M0+ (RP2040)
- デュアルコアCPU
- メモリ多め
RAM 264KB, ROM 2MB
- 900円くらい



- TOPPERS の対応
 - TOPPERS/ASP カーネル
 - TOPPERS/ASP3, FMP3 (マルチコア対応)
 - ふつうの TOPPERS 入門用ボードとしておすすめ



TOPPERS/ASP on Pico

Raspberry Pi Pico への TOPPERS/ASP の移植 石岡之也 さん

<https://www.toppers.jp/docs/contest/2021/A-04-ishioka-Pico.pdf>

月刊 Interface の記事になりました(2021年8月号)
自分でカーネルを移植したい人にも参考になります



TOPPERS/ASP3, FMP3 on Pico



Raspberry Pi PicoによるTOPPERS ASP3, FMP3 (第3世代カーネル) の実行

[@komori-t](https://qiita.com/komori-t)

<https://qiita.com/komori-t/items/784dcfdfeaa1d9732169>

- TOPPERSの公式配布物で対応しています。
- Pico を2台使って実機デバッグも可能（一台をデバッグにする）
- Pico は CPU 2コアなので、マルチコア対応のTOPPERS/FMP3 カーネルも動きます



その他 入門向け マイコン・開発環境

ふつうの人がネット通販などで購入できる、比較的安価なマイコン
TOPPERS の カーネルが簡単に動く環境が提供されているもの

名称	メーカー	価格	説明
LEGO SPIKE Prime	LEGO	60,000円 程度?	学校の教材やETロボコ ンで使われている
GR-PEACH (がじえるね)	ルネサス エレク トロニクス	10,000円 程度?	少し古い製品なので、 入手性がよくないかも
STMxxx Nucleo/Discovery	STマイクロ	数千円 程度	TOPPERS 教育WG BASE PLATFORM
Sipeed Maix Bit			TOPPERS 教育WG BASE PLATFORM



LEGO SPIKE prime

- LEGO Mindstorm の後継製品
学校の教材、ET ロボコンなどで普及している
- TOPPERS の OS が動く “SPIKE-RT”
- OSC 2023 Online/Spring セミナ講演
LEGO SPIKE Prime向けソフトウェアプラットフォームSPIKE-RTの紹介 講師: 朱 義文さん
<https://event.ospn.jp/osc2023-online-spring/session/813346>
(資料、セミナー動画公開)

STM 系ボードにオススメ TOPPERS BASE PLATFORM



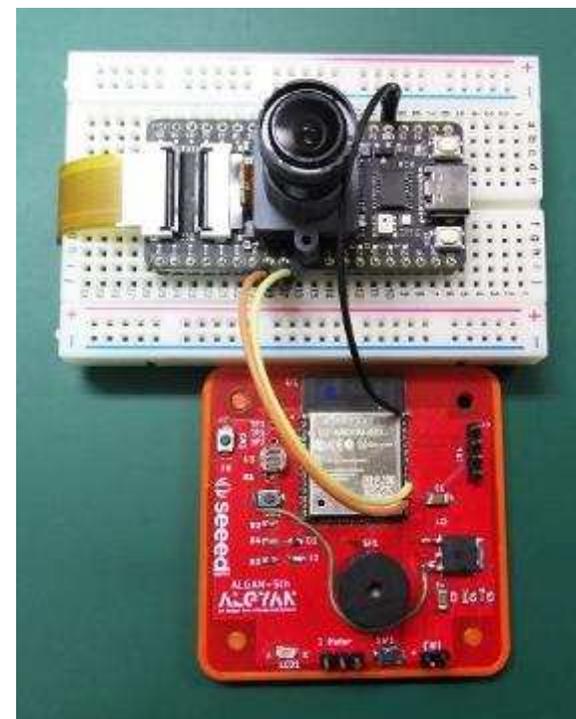
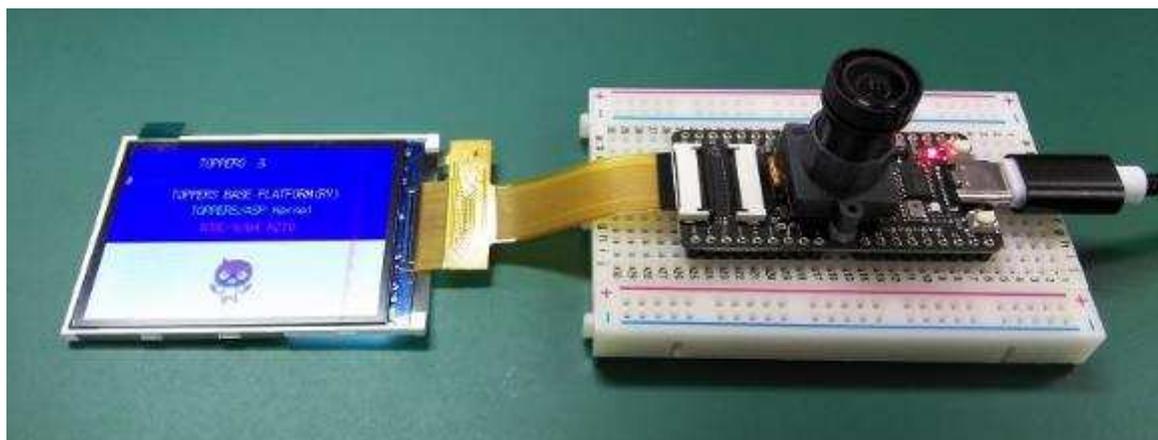
- TOPPERS教育WGで作成した教育コンテンツで使うソフトウェアプラットフォーム
<https://www.toppers.jp/edu-baseplatform.html>
- 様々なデバイスドライバ、ミドルウェアが整備されているので、入門用環境としても使える

CPU	ボード
ARM Cortex-M7	STM32F7 Discovery
ARM Cortex-M4	STM32F401 Nucleo-64
ARM Cortex-M4/M0	STM32WB55 Nucleo
ARM Cortex-M0+	STM32G071 Nucleo-64
RISC-V K210	Maixシリーズ



RISC-Vでも

- Sipeed Maix Bit
 - AIアクセラレーターを搭載した64bit RISC-V基板
 - カメラとLCDが付属
 - AIのサンプルYOLOによる物体検知
 - IoT SDKのユーザー実装部分にATコマンドによるTCP接続を追加



何か作ったら……



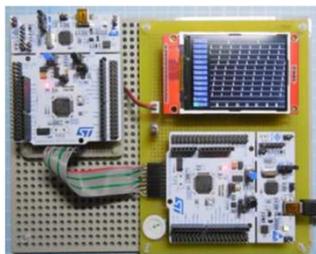
TOPPERS 活用アイデア・アプリケーション開発コンテストに応募しよう！

<https://www.toppers.jp/contest.html>

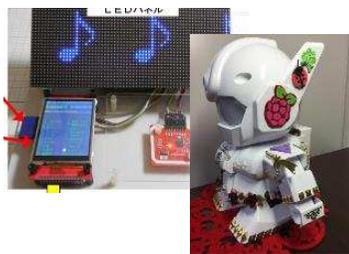
第14回 TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト 作品募集

アプリケーション開発部門

TOPPERS開発成果物を利用した
楽しい・独創的なアプリケーション
実用的なアプリケーション
わかりやすいサンプルアプリケーション
を募集します



実用的なアプリケーション
や開発支援ツールから



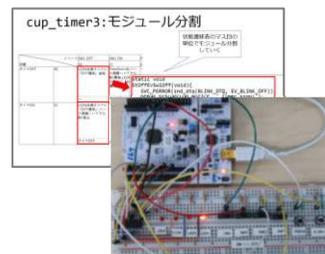
たのしい
趣味の電子工作まで！



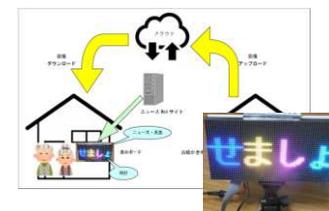
LEGO SPIKE 用プラット
フォーム SPIKE-RT のア
プリもこちらへ応募！

活用アイデア部門

TOPPERS開発成果物の利用者にとって
有益な活用アイデアや
TOPPERSをより良くするアイデア
を募集します（アイデアだけでもOK！）



TOPPERSの教材開発、
ビルドツールや文書管理
の改善案なども！



構想段階の企画案や
ソースコード非公開作品
でもOK

応募資格：国内に在住の方（グループ、法人の場合にはその代表者）なら誰でも
（※TOPPERSプロジェクトの会員でない方もご応募頂けます）

応募期間：**2024年6月1日（土）～2024年9月1日（日）**

表彰：<活用アイデア部門> 金賞 銀賞 銅賞 各1万円！
<アプリケーション部門> 金賞 5万円！！ 銀賞 3万円！！ 銅賞 1万円！
<学生賞> 学生の応募作品の中から優秀なものに学生賞（1万円）を授与！

協賛社から
の特別賞も

学生や組み
初心者からベテラン
エンジニアまで、
幅広い応募をお待ち
しています！

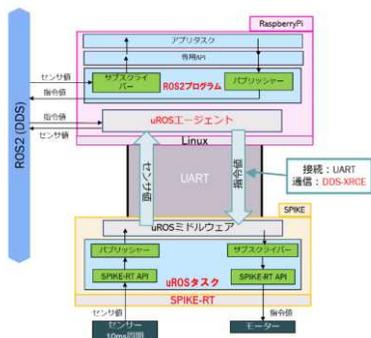
募集要項、応募規約、FAQ、技術講習会の案内等は以下のページで公開していきます！

<https://www.toppers.jp/contest.html>

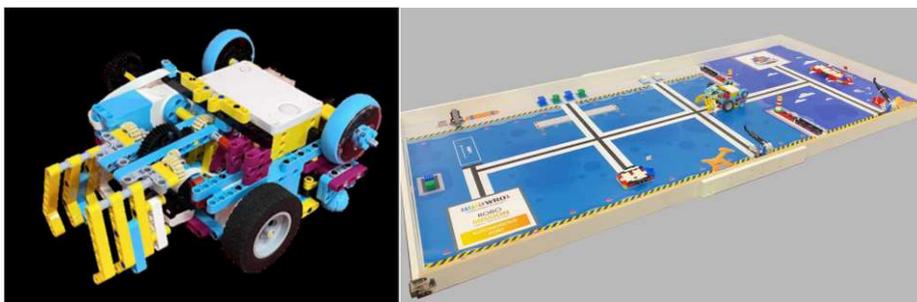


第13回 コンテスト 受賞作品の紹介

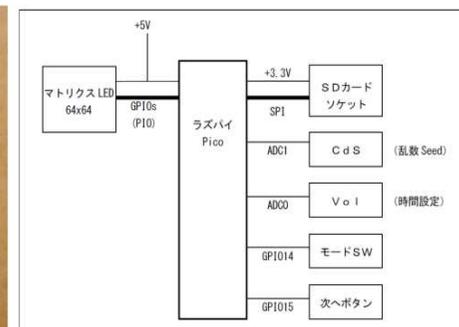
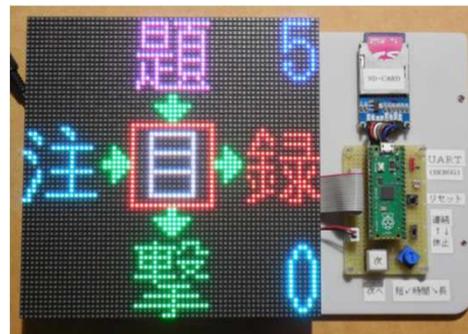
アプリケーション開発部門：金賞
 ROS通信によるETロボコン走行体の制御アプリケーション開発用プラットフォーム
 樋山 一樹(南山大学)



アプリケーション開発部門：銀賞
 SPIKE-RT を用いた競技大会向け自律型ロボットプログラミング
 平山 結也(プログラボ 四条烏丸)



アプリケーション開発部門：金賞
 二字熟語問題生成器
 石岡之也



活用アイデア部門：金賞
 RISC-Vプロファイルに沿ったRISC-V 64ビットプロセッサ向けTOPPERSカーネル標準化
 山崎 進(北九州市立大学)

背景

RISC-Vはオープンで拡張可能なCPUであるが、共通の命令セットがプロファイルとして標準化されている。

提案

- ・ 64ビットRISC-V向けカーネルがサポートすべき RISC-V プロファイルの仕様を定める。
- ・ RISC-V カーネル標準化のためのWG 活動立ち上げ。

第14回 TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト

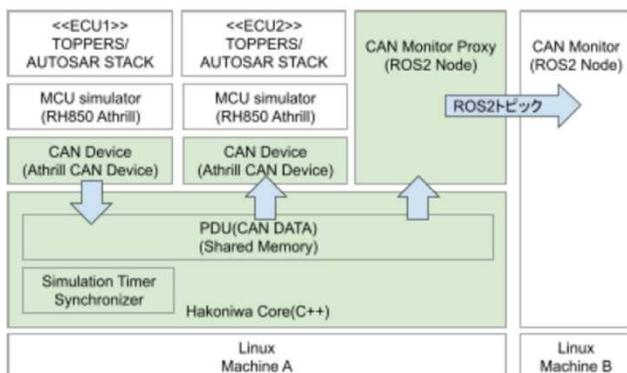
主催：NPO法人TOPPERSプロジェクト

協賛：CQ出版社、(株)アフレル

ウェブサイト：<https://www.toppers.jp/contest.html>
 Facebook <https://www.facebook.com/toppersproject>

第12回 コンテスト 受賞作品の紹介

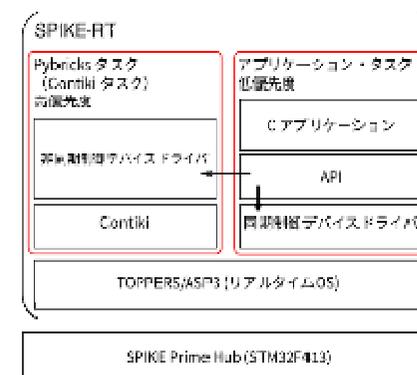
アプリケーション開発部門：金賞
C++ 版箱庭コア機能
 森 崇(株)永和システムマネジメント)



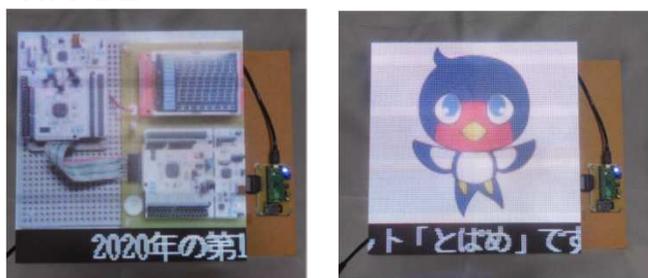
アプリケーション開発部門：銀賞
Dockerを利用したTOPPERS BASE PLATFORM向けビルド環境およびシミュレータによる組み込みOSセミナー向けカーネルの開発
 高橋和浩(アライブビジョンソフトウェア(株))



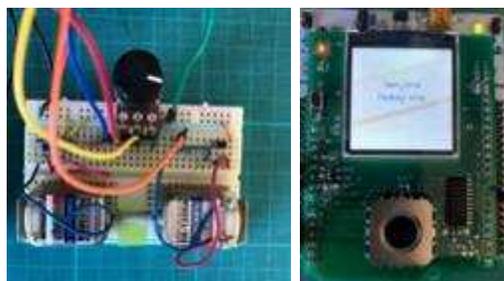
アプリケーション開発部門：銀賞
SPIKE-RT - LEGO SPIKE Prime 向けソフトウェアプラットフォーム
 朱 義文



アプリケーション開発部門：銅賞
ラズパイPico大判電子掲示板
 石岡之也



アプリケーション開発部門：奨励賞
DCモータの速度制御
 塚田繁輝



活用アイデア部門：銀賞
組み込みシステムのプログラミング基礎演習セット
 飯島純一
GoogleTestとFakeFunctionFrameworkによるTOPPERSアプリケーションの単体テスト自動化込みシステムのプログラミング基礎演習セット
 仙石 友輝(パイオニアシステムテクノロジー)
TECSとPlantUMLの連携
 長島 宏明(株)コアーズ)
 活用アイデア部門：銀賞
TOPPERS/ASP3 3.6.0 をラズパイ Pico で動かす
 石岡之也

第13回 TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト
 主催：NPO法人TOPPERSプロジェクト
 協賛：CQ出版社、(株)アフレル

ウェブサイト：<https://www.toppers.jp/contest.html>
 Facebook：<https://www.facebook.com/toppersproject>

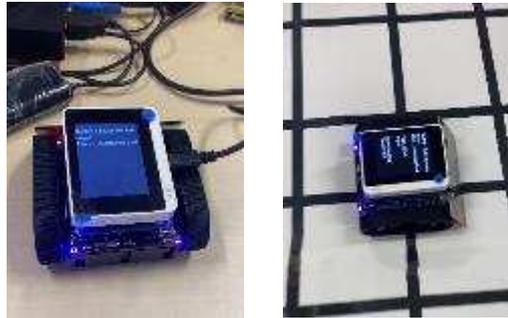


第11回 コンテスト 受賞作品の紹介

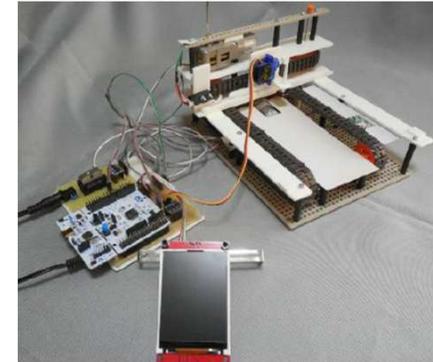
アプリケーション開発部門：銀賞
**RaspberryPi PicoへのTOPPERS/ASP
 の移植**
 石岡之也



アプリケーション開発部門：銀賞
**TOPPERS/ASPを用いた
 Azure IoT アプリ**
 手塚湧太郎(名古屋大学情報学研究科)



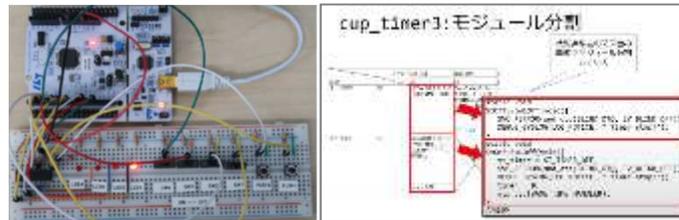
アプリケーション開発部門：銀賞
自動ROM書き込み装置デモ
 石岡之也



アプリケーション開発部門：銅賞
**TOPPERS/ASPを用いたBLE通信
 によるwio terminal間上での対人
 オセロゲーム**
 下平健太(名古屋大学情報学研究科)



活用アイデア部門：銀賞
**データキュー機能と固定長メモリアル機
 能を用いたタスク間通信に関する教材**
 パイオニアシステムテクノロジー(株)
 2021年度新入社員一同



活用アイデア部門：銅賞
TOPPERSのAUTOSARへの貢献II
 小川清



第11回 TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト
 主催：NPO法人TOPPERSプロジェクト
 協賛：CQ出版社、(株)アフレル

ウェブサイト: <http://www.toppers.jp/contest.html>
 Facebook <http://www.facebook.com/toppersproject>

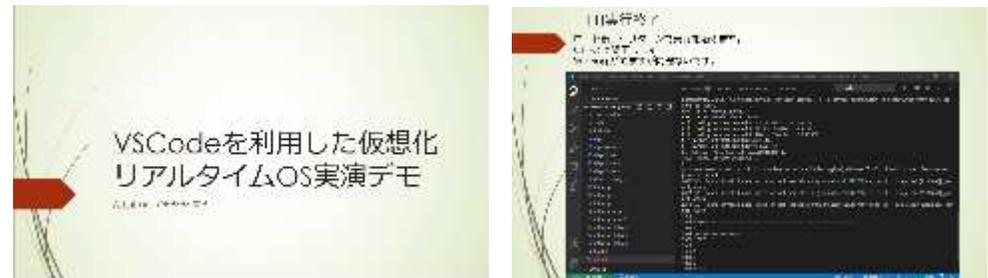


第10回 コンテスト 受賞作品の紹介

アプリケーション開発部門：金賞
TOPPERS/ASPのタスク遷移表示システム
石岡之也



アプリケーション開発部門：銀賞
Athrill+TOPPERS/SSP(シュリンク版)による
初級者向けハンズオンセミナー教材
高橋和浩(アライブビジョンソフトウェア株式会社)



アプリケーション開発部門：銅賞
Raspberry Pi を使った Cortex-M
開発環境の構築
石岡之也



PC経由での利用

Prpsberry Pi 単体で開発

アプリケーション開発部門：銅賞
NUCLEO F767ZI用mruby版sample1
山根ゆりえ



mrubyからTOPPERSのAPIが使えます

活用アイデア部門：銅賞
TOPPERSのAUTOSARへの貢献
小川清



第11回 TOPPERS活用アイデア・アプリケーション開発コンテスト
主催： NPO法人TOPPERSプロジェクト
協賛： CQ出版社、(株)アフレル

ウェブサイト: <http://www.toppers.jp/contest.html>
Facebook <http://www.facebook.com/toppersproject>



コンテスト運営担当から……

- すでに公開した作品でも応募できます
 - 学校の課題などで作ったものも、応募してみよう！
- 実は、応募作品の入賞率はとても高い
 - 応募件数が少なめなので……
- Arduino の電子工作ならあるんだけど……
 - Arduino ライブラリ版 (TA2LIB) を導入すれば、たちまち TOPPERS 対応に……
- 応募×切までもう時間がない……
 - 例年、応募×切は一週間ほど延長されます (多分、来年も)



こんな作品を待っています

- 楽しい電子工作系の作品
 - 光る！鳴る！動く！ OSC 会場等で展示映えする、こどもが喜ぶ作品は大歓迎です
- SPIKE-RT を使った作品
 - 応募すると、いいことがあるかもしれません
- ホビー向けマイコンへの TOPPERS カーネル移植
 - 2021年は Pico 移植が入賞！
 - micro:bit, ESP32(M5Stack) あたりが狙い目かも？



札幌市チ・カ・ホで作品展示しました



まとめ

- お手軽マイコンボードとTOPPERS OS で、組み込みソフト開発をはじめてみよう！
- 何か作品ができたなら、コンテストに応募しよう！
<https://www.toppers.jp/contest.html>



TOPPERS

ありがとうございました