

Arduinoベースの TOPPERS/R2CA + IoTシールド

本田 晋也

TOPPERSプロジェクト シニアテクニカルエキスパート

名古屋大学 大学院情報科学研究科

honda@ertl.jp

最終更新
2016年10月26日

概要

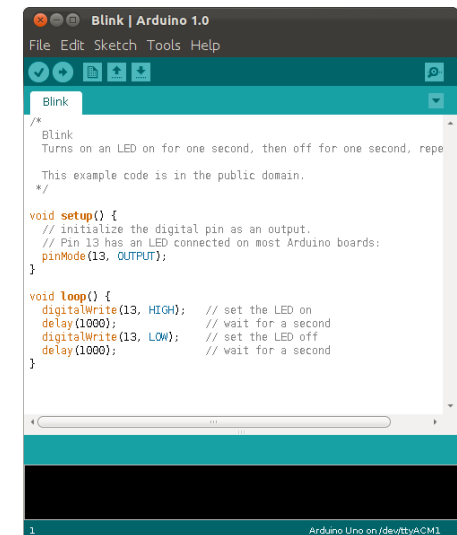
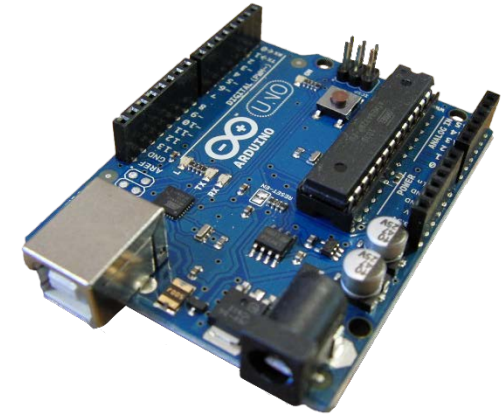
ArduinoボードでArduinoライブラリとASPカーネルを用いた
プログラミングが可能なR2CAについて紹介

- アジェンダ
 - Maker Movement
 - Arduino
 - TOPPERS と Maker Movement
 - TOPPERS/R2CA
 - まとめ

Maker Movement

- 技術発展によりものづくりが容易になり, スタートアップ企業や個人がアイデアを具体化する流れが活発化している
 - これらの人々がコミュニティを形成して交流
- 要因
 - インターネットの発達
 - オープンソースハードウェア, ソフトウェア
 - 特定の趣味を持つ人が繋がり安くなった
 - 安価なハードウェア
 - 数千円のマイコンボード
 - 容易に使用可能な開発環境
 - インストーラによるインストール, Webコンパイラ
 - 工作機器の発達と利用可能箇所の増大
 - 3Dプリンタ, レーザーカッター
 - 利用可能なスペース (メイカースペース), ネット経由で利用

- Makerの作品で広く使われているマイコンボードとIDEをセットにした環境
 - 安価で容易に使える
 - 書籍等の情報が豊富
- Arduinoボード
 - 各種マイコンを用いたボード（数十種類存在）
 - Arduino Uno：最も一般的なArduinoボード
 - Atmel ATmega328P, Flash 32KB, RAM 2KB
 - オープンハードウェアなためクローンのボードも存在
- ArduinoIDE
 - マルチプラットフォームの開発環境
 - インストーラによりコンパイラ(GCC)やArduinoライブラリがインストールされる
 - ボタンを押すだけでコンパイルとボードへの書き込みが可能
 - デバッグ機能はない（printfデバッグ）
 - Arduinoライブラリを含む(ライセンスはGPL)



Arduino

- Arduinoプログラミングモデル
 - setup()/loop()による容易なモデル
 - C++ベースの独自言語
 - プロトタイプ等は必要なし
 - Arduino IDEがC++に変換してコンパイル
- Arduinoライブラリ
 - コアライブラリ
 - IO操作(GPIO, AD, SPI, I2C), 時間, 文字列操作
 - Arduino準拠ライブラリ
 - コアライブラリの上で実現されたライブラリ
 - Arduino IDEに含まれるライブラリ
 - ✓SD, LCD, USB, Audio等のライブラリ
 - その他, センサーやシールドに含まれるライブラリ
 - ✓センサー値の変換, Wifiモジュール制御, IoTサービスへの接続

```
void setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
    digitalWrite(13, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(13, LOW);  
    delay(1000);  
}
```

Arduino

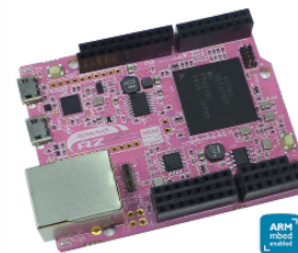
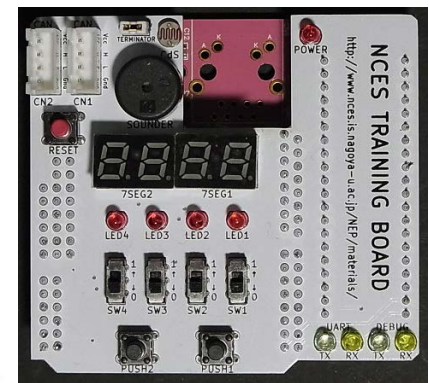
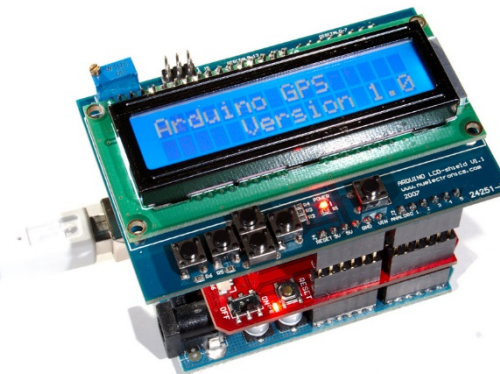
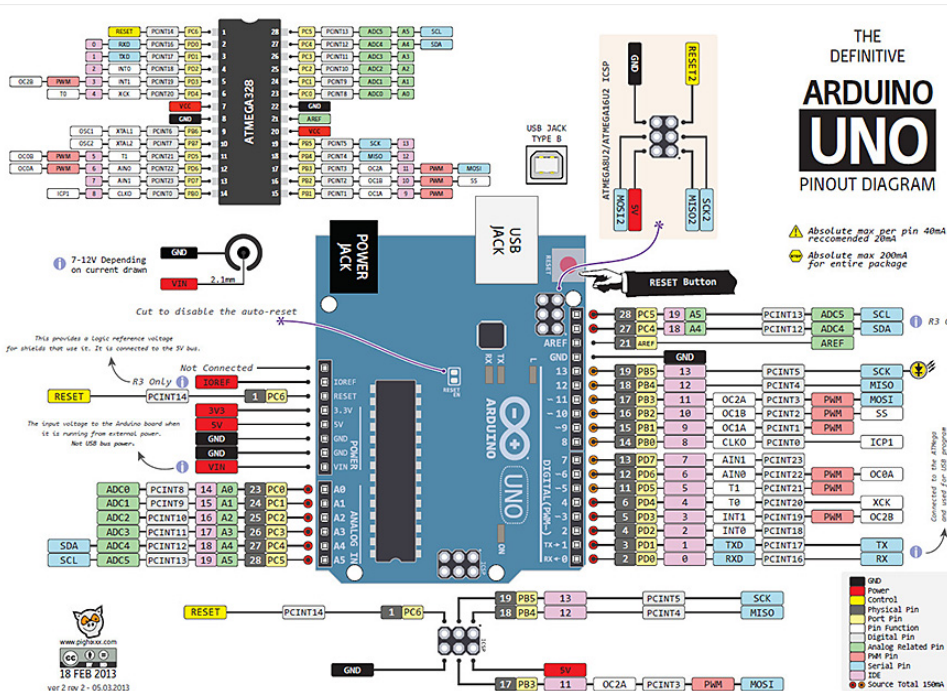
• シールド

– 拡張ピンに接続することによりハードウェア機能を拡張するボード

- 物理的には拡張ボードにおけるデファクトとなっている

– 電氣的互換性がない場合があるので注意(5V or 3.3V)

– Wifi, LCD, SD, ロボット, センサー



TOPPERS と Maker Movement

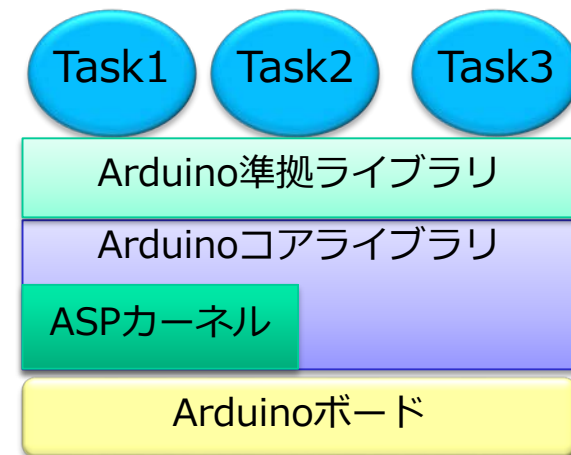
- オープンソースプロジェクトとMakerは相性がよい
 - コストや知財を気にしなくてもよい
- TOPPERSも多くの方に使ってもらいたい
 - 残念ながら現状は広く使われている状態にはなっていない
- 問題点
 - 開発環境の導入や使用の敷居が高い
 - Cygwinのインストール, UNIXコマンドの習得, 静的APIの習得
 - ライブラリ・ミドルウェアが少ない
 - 商用は多いがオープンソースのライブラリは少ない
 - マルチタスクが必要なケースが少ない
 - IoT等で通信機能を持つと必要になってくると予想

これらの問題を解決してIoT時代のMakerにTOPPERSを普及したい

TOPPERS/R2CA (RTE/RTOS compatible with Arduino libraries)

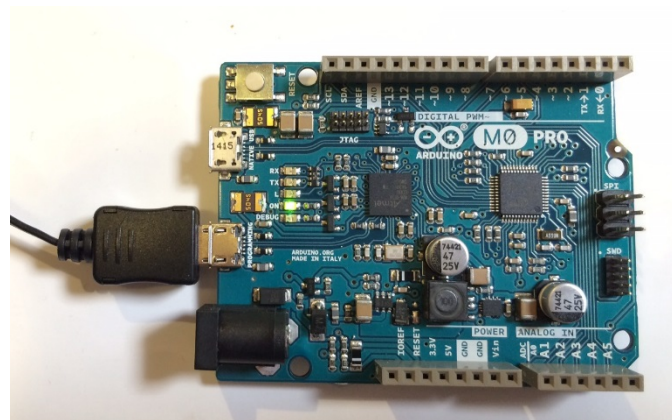
ASPカーネルとArduinoライブラリを組み合わせた環境

- マルチタスク環境でArduinoライブラリを使用可能
- 問題点の解決
 - 開発環境の導入や使用の敷居が高い
 - Arduino IDEをインストールするだけでビルド可能
 - バッチファイルによるビルドが可能
 - 安価で入手性の良いArduinoボードで実行可能
 - マクロの定義によるタスクの生成
 - ライブラリ・ミドルウェアが少ない
 - 多くのArduinoライブラリが使用可能



必要な機材とツール

- ホストPC
 - Windows or Mac OS
 - Linuxでも動作するはず
- ハードウェア：Arduino M0 Pro
 - 6000円程度
 - 秋月, Amazon, Switch Science, マルツパーツ等で購入可能
 - Cortex-M0+ 48MHz/ROM 256KB/RAM 32KB
- ソフトウェア
 - Arduino IDE
 - Arduino.org(<http://www.arduino.org/downloads>) からダウンロード
 - ✓動作確認済みバージョン：1.7.11
 - ターミナルエミュレータ
 - Atmel Studio（オプション）
 - GUIによるデバッグ



プログラミングモデル：シングルタスク

- シングルタスクの場合はArduinoのプログラミングモデルと互換
- 変更点はR2CA用ヘッダのincludeのみ
- ASPカーネルのAPI呼び出しが可能

```
#include "rca.h"

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH);
  Serial.println("HIGH");
  delay(1000);
  digitalWrite(13, LOW);
  Serial.println("LOW");
  delay(1000);
}
```

プログラミングモデル：マルチタスク

- setup()/loop()を実行するタスクをメインタスクと呼ぶ
- タスクを追加可能
 - メインタスクがsetup()実行後に起動され, loopX()を実行
- ASPカーネルのAPIを発行可能

```
/*  
 * For MAINTASK  
 */  
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
    Serial.println("setup() : running");  
    task1_setup();  
}  
int loop_cnt = 0;  
void loop() {  
    Serial.print("loop() : running");  
    Serial.print(loop_cnt++);  
    Serial.println(" .");  
    delay(1000);  
}
```

```
/*  
 * For TASK1  
 */  
void task1_setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT);  
    Serial.println("task1_setup() : running");  
}  
void loop1() {  
    digitalWrite(13, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(13, LOW);  
    delay(1000);  
}
```

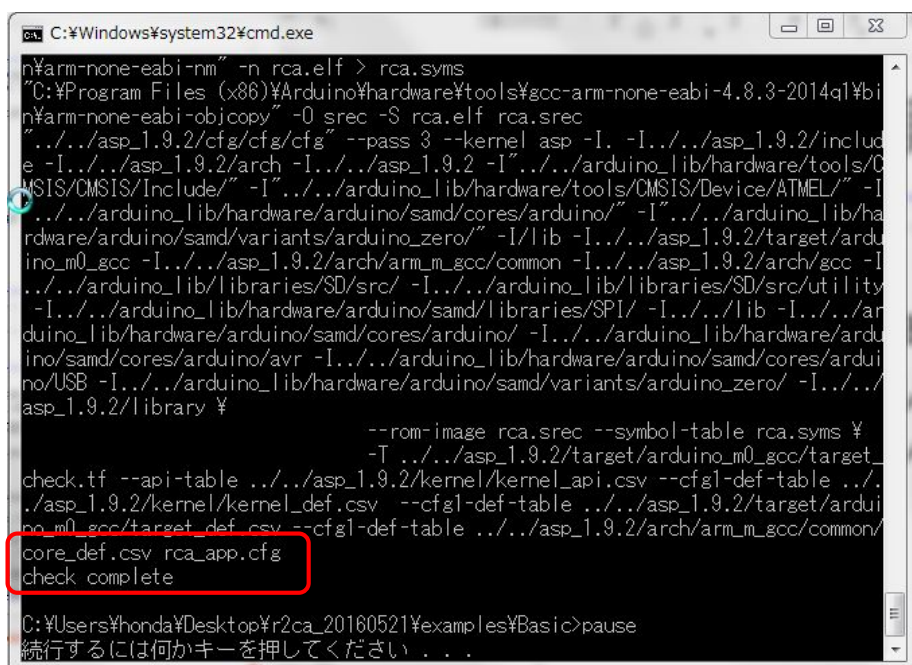
プロジェクトの構成

- ユーザープログラム等
 - Makefile : ライブラリやファイルの指定
 - rca_app.h : ユーザープログラムヘッダーファイル
 - rca_app.cpp : ユーザープログラムプログラムファイル
 - rca_app.cfg : コンフィギュレーションファイル(静的APIを記述)
- バッチファイル
 - do_make.bat : ビルド
 - do_run.bat : ビルド&書き込み&実行
 - do_clean.bat : ファイルのクリーン
 - do_debug.bat : ビルド&書き込み&デバッグ
- AtmelStudio用ファイル
 - rca.atsln, rca.componentinfo.xml, rca.cproj

サンプルの実行：ビルド＆書き込み

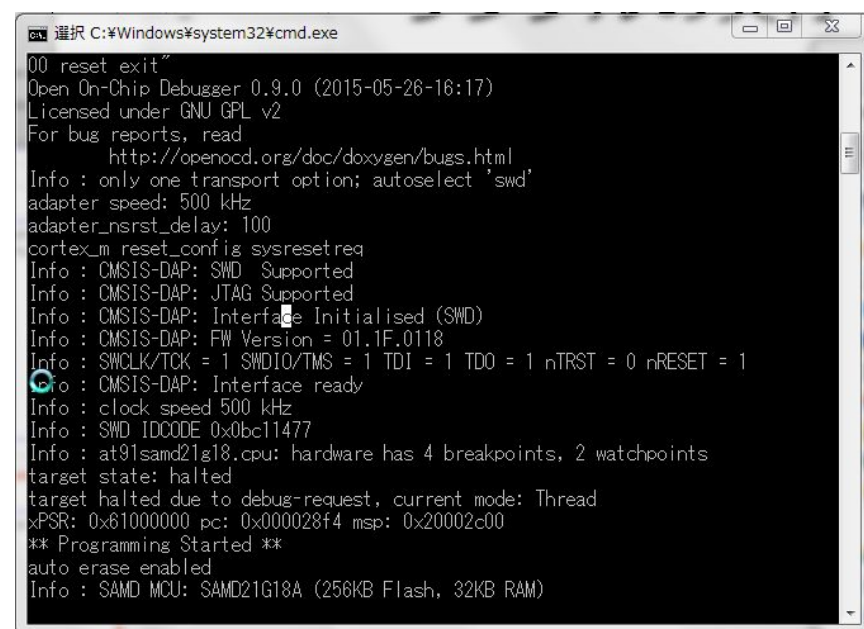
- 用意しているバッチファイルを実行することでビルドや、ターゲットへの書き込みが可能

ビルド



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
n%arm-none-eabi-nm" -n rca.elf > rca.syms
"C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\gcc-arm-none-eabi-4.8.3-2014q1\bin\arm-none-eabi-objcopy" -O srec -S rca.elf rca.srec
"../asp_1.9.2/cfg/cfg/cfg" --pass 3 --kernel asp -I. -I../asp_1.9.2/include -I../asp_1.9.2/arch -I../asp_1.9.2 -I../arduino_lib/hardware/tools/CMSIS/CMSIS/Include/" -I../arduino_lib/hardware/tools/CMSIS/Device/ATMEL/" -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/cores/arduino/" -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/variants/arduino_zero/" -I/lib -I../asp_1.9.2/target/arduino_m0_gcc -I../asp_1.9.2/arch/arm_m_gcc/common -I../asp_1.9.2/arch/gcc -I../arduino_lib/libraries/SD/src/ -I../arduino_lib/libraries/SD/src/utility -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/libraries/SPI/ -I../lib -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/cores/arduino/ -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/cores/arduino/avr -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/cores/arduino/USB -I../arduino_lib/hardware/arduino/samd/variants/arduino_zero/ -I../asp_1.9.2/library %
--rom-image rca.srec --symbol-table rca.syms %
-T ../asp_1.9.2/target/arduino_m0_gcc/target.check.tf --api-table ../asp_1.9.2/kernel/kernel_api.csv --cfg1-def-table ../asp_1.9.2/kernel/kernel_def.csv --cfg1-def-table ../asp_1.9.2/target/arduino_m0_gcc/target_def.csv --cfg1-def-table ../asp_1.9.2/arch/arm_m_gcc/common/core_def.csv rca_app.cfg
check complete
C:\Users\honda\Desktop\Yr2ca_20160521\examples\Basic>pause
続行するには何かキーを押してください . . .
```

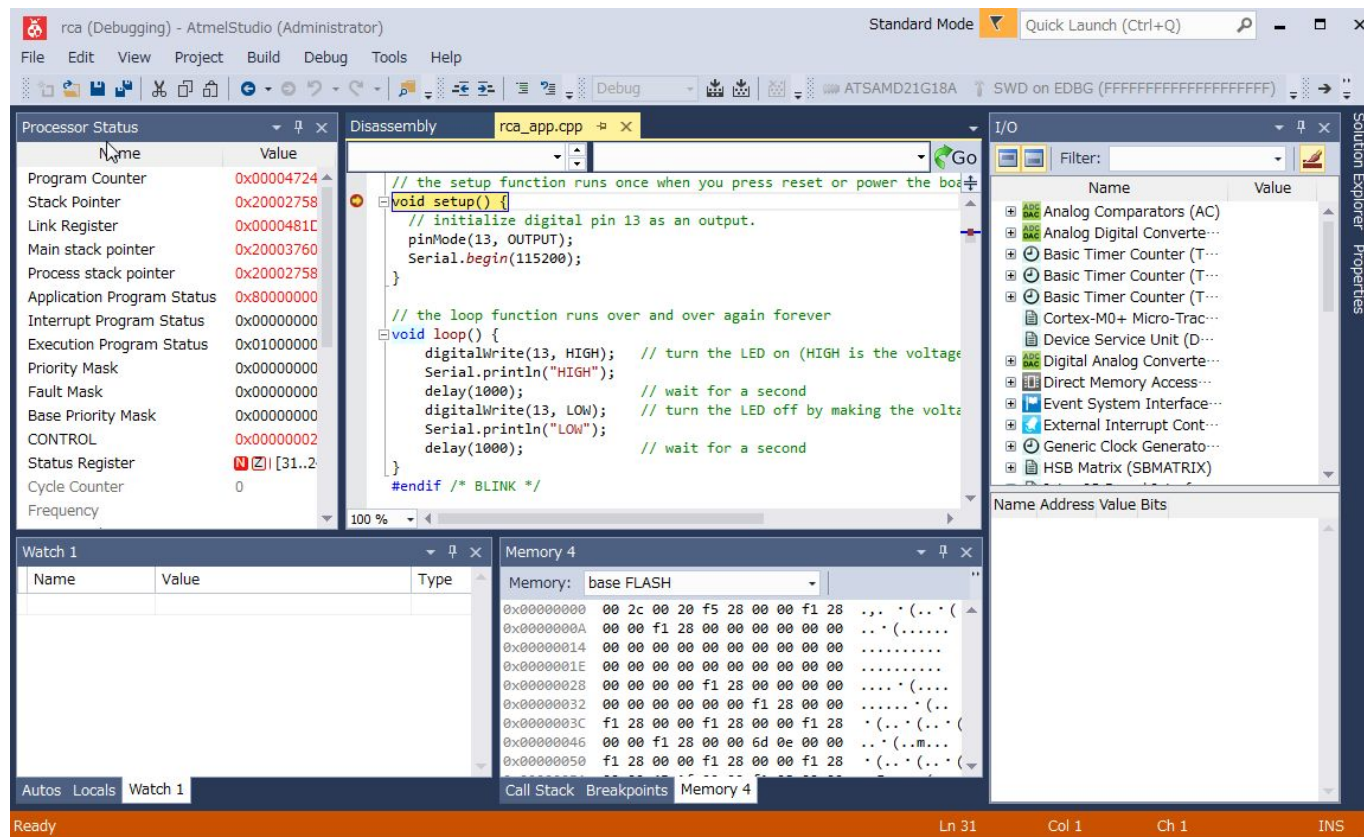
書き込み



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
00 reset exit"
Open On-Chip Debugger 0.9.0 (2015-05-26-16:17)
Licensed under GNU GPL v2
For bug reports, read
http://openocd.org/doc/doxygen/bugs.html
Info : only one transport option; autoselect 'swd'
adapter speed: 500 kHz
adapter_nsrst_delay: 100
cortex_m reset_config sysresetreq
Info : CMSIS-DAP: SWD Supported
Info : CMSIS-DAP: JTAG Supported
Info : CMSIS-DAP: Interface Initialised (SWD)
Info : CMSIS-DAP: FW Version = 01.1F.0118
Info : SWCLK/TCK = 1 SWDIO/TMS = 1 TDI = 1 TDO = 1 nTRST = 0 nRESET = 1
Info : CMSIS-DAP: Interface ready
Info : clock speed 500 kHz
Info : SWD IDCODE 0x0bc11477
Info : at91samd21g18.cpu: hardware has 4 breakpoints, 2 watchpoints
target state: halted
target halted due to debug-request, current mode: Thread
xPSR: 0x61000000 pc: 0x000028f4 msp: 0x20002c00
** Programming Started **
auto erase enabled
Info : SAMD MCU: SAMD21G18A (256KB Flash, 32KB RAM)
```

デバッグ

- Atmel Studioを使用することでGUIベースのビルドとデバッグが可能



サンプルプログラム

- パッケージには各種サンプルプログラムが含まれている
- 基本サンプル

サンプルフォルダ名	概要
Basic	各種Arduinoのサンプル
MultiTask	マルチタスク機能のサンプル
Profiling	プロファイリング機能のサンプル
RRScheduling	ラウンドロビンスケジューリングのサンプル
CompositeExample	複合機能のサンプル

- 通信機能サンプル

サンプルフォルダ名	概要
WifiEcho	WifiモジュールによるWifi通信のサンプル
NCESCan	NCESCANシールドによるCAN通信のサンプル
NCESIoT	NCESIoTシールドによるサンプル

サンプルプロジェクト

- IoTサンプル

サンプルフォルダ名	概要
BlueMix_basic	BlueMixへの接続サンプル
Milkcocoa_basic	Milkcocoaへの接続サンプル
Milkcocoa_NCESIoT	NCESIoTシールドによるMilkcocoaへの接続サンプル
ThingSpeak_basic	ThingSpeakへの接続サンプル

- 各種シールド向けのサンプル

サンプルフォルダ名	概要
NAxesMotion	9軸センサーシールドのサンプル
Zumo	Zumoロボット(タンク型ロボット)のサンプル
PIXY	PIXY(色認識カメラ)のサンプル
PIXY_Wifi	PIXY + Wifiを組み合わせたサンプル
PIXY_Zumo	PIXY + Zumo を組み合わせたサンプル
PIXY_Zumo_Wifi	PIXY + Zumo + Wifo を組み合わせたサンプル

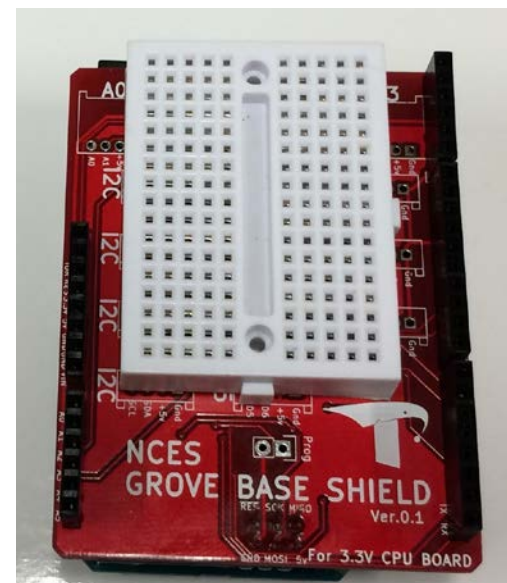
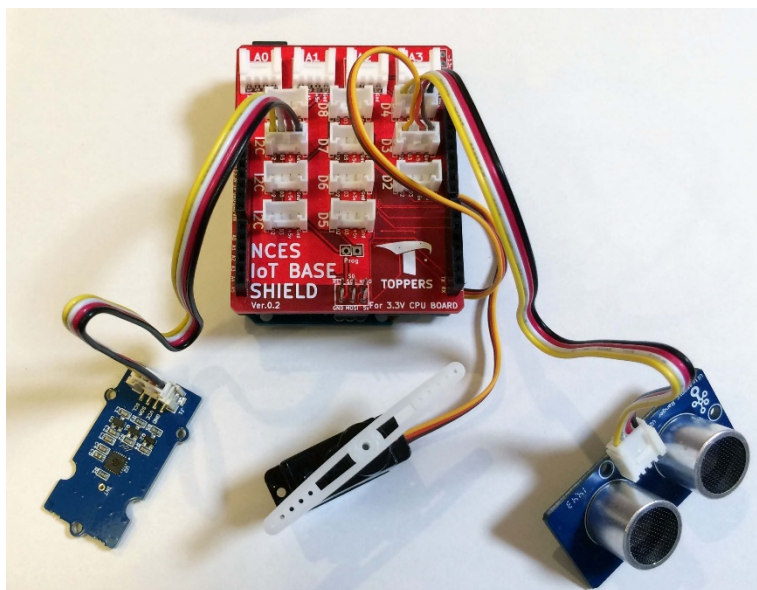
チュートリアル

- Qiitaにチュートリアル記事がある(R2CAで検索すると出てくる)
- 基本的な使い方
 - インストールとサンプルの実行, マルチタスク, 優先度・スケジューリング, デバッグ
- 通信
 - Wifi通信, Wifi通信(マルチタスク), CAN通信
- IoT
 - Milkcocoaへの接続, ThingSpeakへの接続
- Shield
 - Zumo, NCES IoT Base Shield
- MacOSXでの使用方法
 - TOPPERS/R2CA を MacOSXで動かす



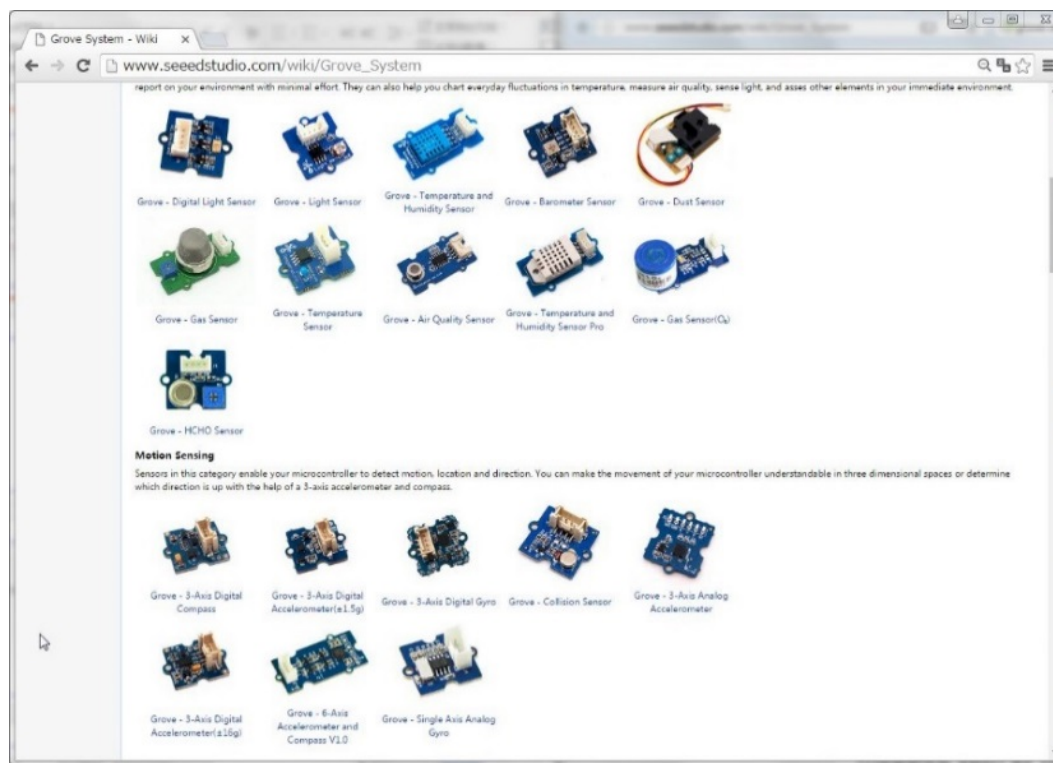
各種シールド : NCESIoTシールド

- R2CA用に開発したシールド
- ESP8266によるWifi機能(UART接続)
- MicroSDスロット(SPI接続)
- Grove Systemと互換のコネクタ (3.3V $\leftrightarrow$ 5V変換)
- Groveのコネクタを実装しない場合はブレッドボードを置く
- 松浦商事から購入可能



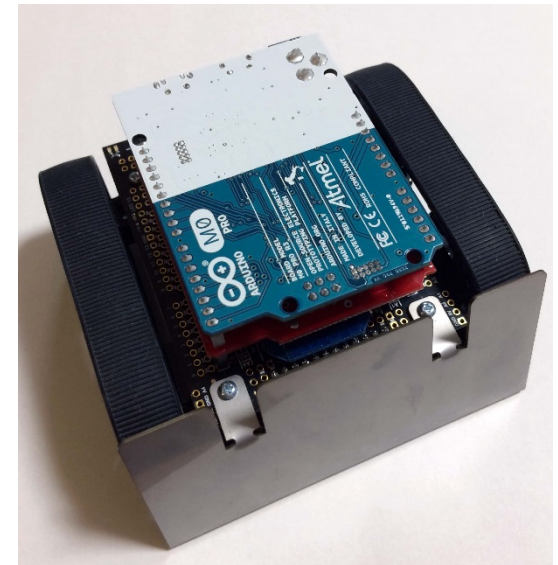
NCESIoT : Grove System

- 各種センサやアクチュエータを簡単に着脱可能なモジュール
- 100種類以上のモジュールがリリースされている
- 各GroveモジュールにはWikiページとArduinoライブラリが用意されている



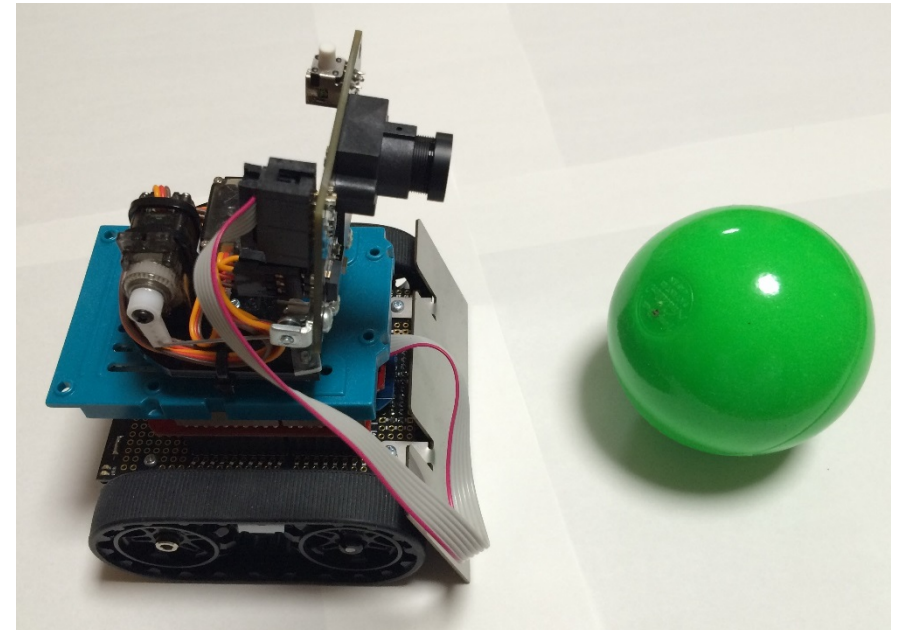
Zumo

- タンク型のロボット
 - ライントレース, 相撲, 迷路探索等が可能
- Arduino UNO のシールドとして開発されておりライブラリが用意されている
 - LED, ブザー, 左右モータ, フォトリフレクタアレイ
 - 三軸加速度センサ, 三軸磁場センサ
- Arduino M0 用にライブラリを整備し直した
 - 一部ライブラリはUNO(AVR) を前提としていたため
- 簡単にロボット制御を体験できる
 - プログラム未経験の学部一年生でも理解して作成できている



PIXY + Zumo

- PIXY
 - 色認識が可能なカメラモジュール
 - Arduinoに対して認識した物体の番号(事前に登録する)とサイズと場所をSPI経由で送信する
 - SPI経由で2軸のサーボを制御可能
- PIXY + Zumo
 - 色付きのボールを認識して追いかけるロボット
 - PIXYの認識結果からPIXYのサーボとZumoのモータを制御
 - Wifiモジュールを組み合わせることで、IoTサービスとの連携も可能



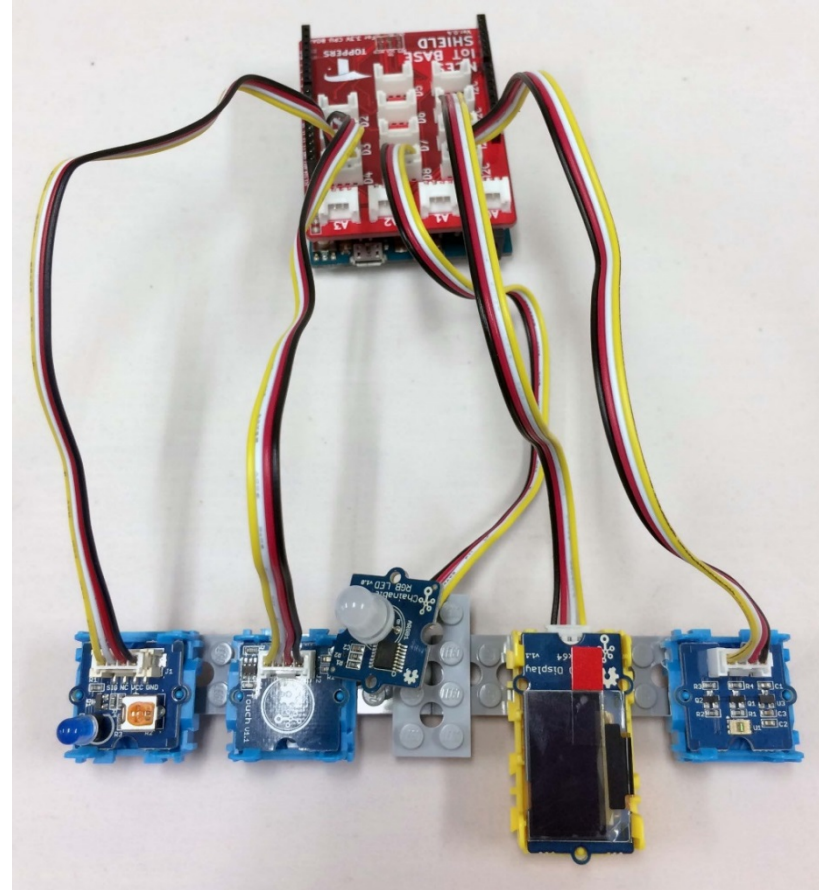
マルチタスク教材

- R2CAを用いたマルチタスクの必要性を学ぶ教材
 - 名古屋大学で修士の学生を対象とした合宿で実施
 - IoTボードをベースとしたNCES IoT Packageを用意
- 教育内容
 - シングルタスクプログラミング
 - Arduinoのプログラミングモデルで基本的な機能をプログラミング
 - 基本的な機能を持つプログラムを組み合わせる
 - ✓シングルタスクではコードの保守性が下がることを学ぶ
 - RTOSの基礎
 - マルチタスクの基本的な考え方を学ぶ
 - マルチタスクプログラミング
 - 基本的な機能を持つプログラムの組み合わせをマルチタスクで実現する

NCES IoT Package

- 機材

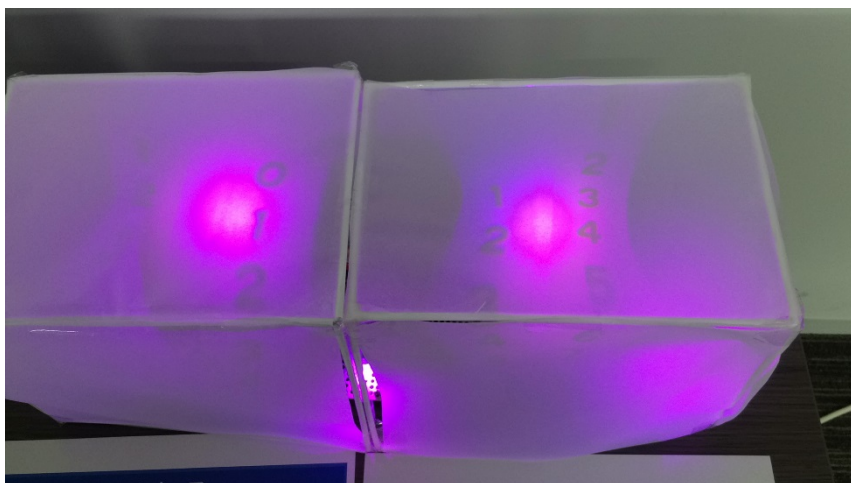
- Arduino M0
- NCS IoT ボード
- Grove Digital Light Sensor
- Grove OLED Display 0.96
- Grove - Touch Sensor
- Grove - Chainable RGB LED
- Grove - LED
- USBケーブル



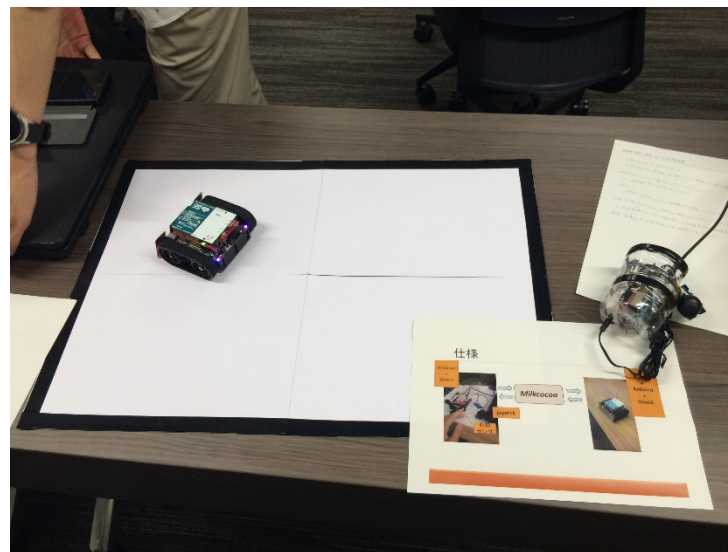
合宿での学生の作品

- 2.5日 + 3日の合宿
- 前半1日でR2CAの使用方法を学んだ後に作成したい作品を考え、必要な部品を注文
- 後半の3日で購入した部品で作品を作成してプログラミング

多機能ルームライト



IoTサーバーを経由した
リモートコントロール



まとめ

- ArduinoボードでArduinoライブラリとASPカーネルを用いたプログラミングが可能なTOPPERS/R2CAについて紹介
 - Arduino IDEをインストールするだけでビルド可能
 - バッチファイルによるビルドが可能
 - 安価で入手性の良いArduinoボードで実行可
 - マクロの定義によるタスクの生成
 - 多くのArduinoライブラリが使用可能
- 今後の開発
 - C++ API対応
 - CFGレスパッケージの統合