

先進テクノロジーで未来を切り開く

# エレキジャックIoT

特集

## スマホのビーコンを数える

No. 6

## マイコンで人の密度を比較測定

—Wi-Fiプロミスキャス・モードでスマート・ロックを作る



マイコン内蔵のA-Dコンバータでアナログ値をデジタル値に変換してUDP送信するプログラム



ラズパイマウスにレーザーを使った2次元センサLIDARを載せ室内をスキャンして地図データを作成



マイコンでスマートフォンのBLEビーコン数やCO<sub>2</sub>濃度を測定し人の密集度や空間の密閉度を測定



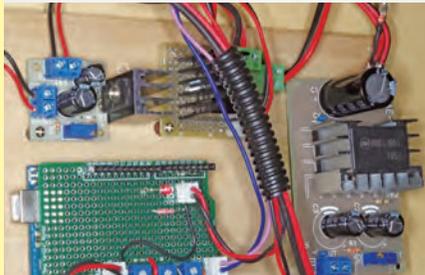
6つのセンサを搭載した小型ユニット、コイン電池1個で数か月間13値のデータBLEで送信できる



市販USB扇風機に温湿度/気圧/eCO<sub>2</sub>センサをつなぎクラウド経由でセンサ情報を見たりON/OFFする



GPS搭載のマイコン・ボードSpresenseにサードパーティの拡張ボードを接続し計測値をBLE送信する



本誌の付録としてCQ出版社販売の書籍「エレキジャックIoT No.6」の一部見本です。池の循環ポンプをArduinoマイコンでON/OFFとPWM制御し、Arduinoマイコンのプログラム設定値を変更できる。市販の模型4WD車にラズパイ・マイコン2次元センサLIDARを載せ空間の地図データを作成する。

# 見本

内容：<https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ202109.html>

CQ出版社

# 特集

## スマホのビーコンを数える

# マイコンで人の密度を比較測定

BLEビーコンとCO<sub>2</sub>濃度で目安を表示

### 使用機材

ラズベリー・パイと周辺機器  
マイクロSDカード  
TVOC/eCO<sub>2</sub>ユニット(サンプル6で使用)



国野 亘

人の密集度や密閉空間の換気に関して注目が集まっています。マイコン・ボードとセンサでこれらの目安値を測定し、離れた場所で数値を確認できるシステムを作ります。設定値を超えた場合は、LINEでの通知も可能です。

## 第1章 密集度・密閉度センサを作る

密集度と空間の密閉度を測定するセンサを作ります(図1-1)。密集度の測定にはBluetooth(BLE)のビーコン(アドバタイジング情報)を用い、密集時の密閉度の測定にはガス・センサ(センシリオン製SGP30)のCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)相当濃度を利用します。

測定値をインターネット・ブラウザにグラフ表

示する方法も紹介します。

### Bluetoothビーコンやガス・センサで密集度計測

スマートフォンに内蔵されているBluetoothは、その機器の存在を周囲に知らせるために、ビーコン(アドバタイジング情報)を送信しています。

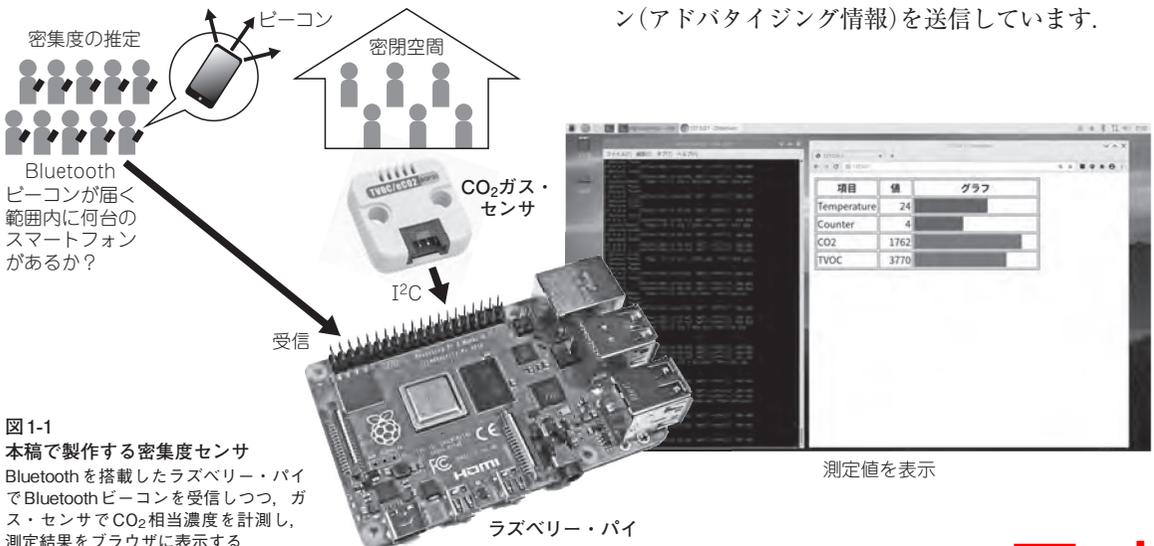


図1-1  
本稿で製作する密集度センサ  
Bluetoothを搭載したラズベリー・パイでBluetoothビーコンを受信しつつ、ガス・センサでCO<sub>2</sub>相当濃度を計測し、測定結果をブラウザに表示する

# 見本

Bluetoothビーコンを出すスマートフォンを持っている人の割合が一定数いると前提した場合、人の密集度をビーコン送信機器数で定量化することができます。ここでは、周囲のBluetoothビーコンを受信し、ビーコンを送信しているスマートフォンの台数をカウントすることで、人の密集度を相対的に測定し、可視化します。

Bluetoothビーコンを利用するので、屋外でも建物内でも使うことができます。たとえば、駅前広場や、ショッピング・モール内の人の密集度を知ることができます。

必要なハードウェアは、ラズベリー・パイ本体と、本体を動かすための周辺機器(モニター、キーボード、マウス、ACアダプタ、マイクロSDカード)、インターネット接続環境です。

ラズベリー・パイは、Raspberry Pi 4 Model B を使いました。電源にモバイル・バッテリーを使用したいときは、消費電力が少ないRaspberry Pi Zero Wが良いでしょう。

人の密集度に加えて、閉ざされた空間の密閉度を知りたいときは、CO<sub>2</sub>ガス・センサ(センシリオン製SGP30)を追加します。

CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)相当濃度を測定することで、ホールや会議室など空間の換気がうまく行われているかどうかを推定できるようになります(表1-1)。

なお、測定結果を実使用する際は、事前に十分な検証が必要です。

## ① 起動用マイクロSDカードを作成する

パソコン(Windows, macOS, Ubuntu)を使って、ラズベリー・パイ公式のRaspberry Pi OS(旧名 Raspbian)をマイクロSDカードに書き込みます。書き込むためのパソコン用ソフトウェアRaspberry Pi Imagerを下記からダウンロードし、図1-2のように、①Raspberry Pi OSを選択し、②書き込み対象のマイクロSDを選択し、③書き込みボタンをクリックしてください。

Raspberry Pi Imager(PC用ソフト) :

<https://www.raspberrypi.org/downloads/>

表1-1 本稿で説明する密集度・密閉度の計測方法

測定方法	センサ	特長
Bluetoothビーコン数	内蔵Bluetooth	部屋内の人数を手軽に推定できる(密集度)
二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )	センシリオン製SGP30	換気状態を測定できる(空間の密閉度)

図1-2  
マイクロSDカードにRaspberry Pi OSを書き込む  
Raspberry Pi Imagerを起動し、①Raspberry Pi OSを選択し、②対象のマイクロSDを選択し、③書き込みボタンをクリックする



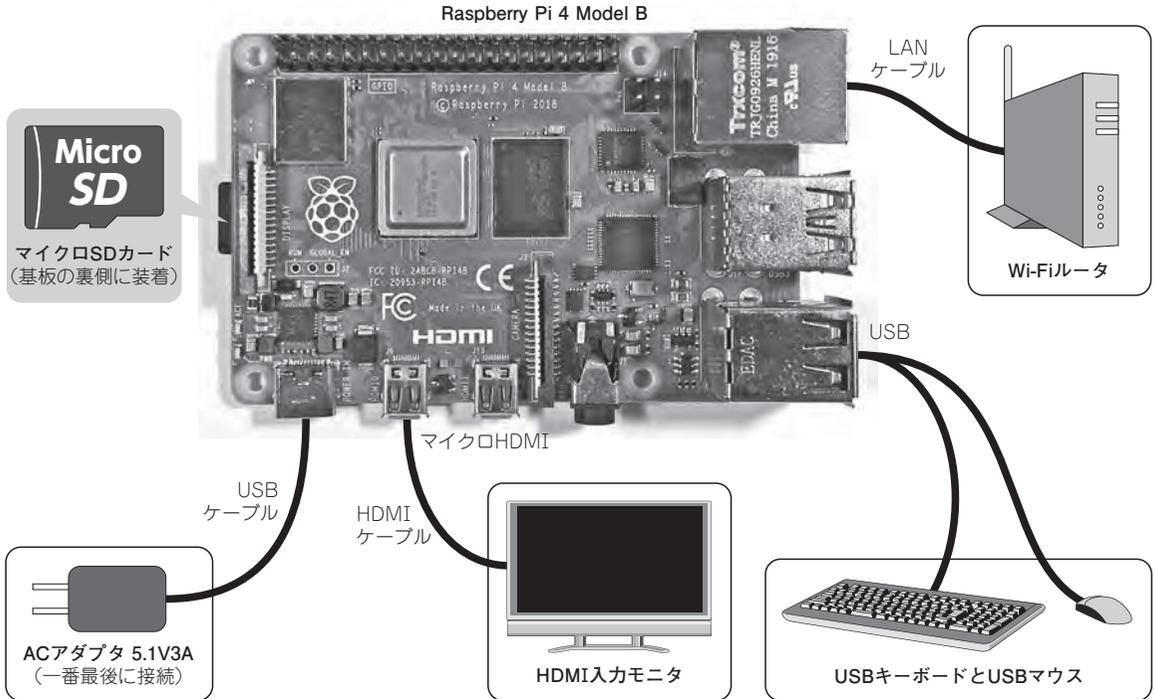


図1-3 ラズベリー・パイに周辺機器を接続する  
作成したマイクロSDカードを挿入し、各周辺機器を接続してから、ACアダプタから電源を供給する

## ② ラズベリー・パイの動作確認 (周辺機器を接続する)

Raspberry OS入りのマイクロSDカードを作成したら、それをラズベリー・パイに装着し、ラズベリー・パイのHDMI出力をモニタに、USBポートにキーボードとマウスを接続してから、ACアダプタを接続して、ラズベリー・パイを起動してください。

Raspberry Pi 4 Model BのMicro HDMI端子は2つありますが、電源用のType Cコネクタに近いほう(図1-3の左側)を使用します。

## ③ Raspberry Pi OSの設定

初めて起動したときにOSの初期設定ツールが起動します。案内にしたがってパスワードやネッ

トワークなどの設定後、再起動してください。とくにパスワードは重要です。ラズベリー・パイが乗っ取られると、LANを経由してパソコンなどの他の機器に被害が及ぶこともあります。あとで設定を変更する場合は、図1-4のように、画面左上のメニュー・ボタンから[設定](または[Preferences])を選択し、サブメニューで[Raspberry Piの設定](または[Raspberry Pi Configuration])を選択します。なお、日本語の設定が有効になるまでは英語表示となる場合があります。

## ④ LXTerminalを開く

Raspberry Pi OSはDebianというLinux系のOSがベースになっており、システムの詳細な操作には、Bashと呼ばれる文字コマンドを用います。Bashコマンドを入力・実行するには、図1-5の

見本

# 2次元レーザ・スキャナで地図を作る

クロスコンパイルで  
ラズパイZERO  
にインストール!

# ROS2を使ったマッピング実験

## 使用機材

YDLiDAR X4 2次元スキャナ (LiDAR)  
FT-DC-002 (模型の4WD車)  
Raspberry Pi Zero WH  
モバイルUSBバッテリー  
AA BatteryBoxなど



中村 文隆(東京大学情報基盤センター)

最近の自動走行車両では、LiDAR (Light Detection And Ranging) と呼ばれるレーザ・スキャナ装置が、周囲の状況を検出するために使われています。自動走行などで使用されるLiDARは3次元の情報を取得することができる3D LiDARです。

この記事では、2次元の2D LiDARを使い、処理する情報量を減らして2次元マッピングを試みます。

本記事では、安価で入手可能なYDLiDAR X4と、こちらも手軽に試すことのできる、秋月電子通商の4WD サーボ・モータ車 FT-MC004とを組み合わせ、Wi-Fi経由で手動コントロールしながら周囲の情報を取得する環境を構築します。

取得する2次元図は、ROS2のPythonライブラリを使ったスクリプトでリアルタイムにパソコンから確認することができます。

ROS (Robot Operating System) は、ロボット用のソフトウェア・プラットフォームです。学術研究目的で開発が始まり、産業用途にも利用範囲が広がってきています。ROS2は、ROSの次世代バージョンとなります。記事ではROS2のライブラリを利用します。

## 1 ROS2で2次元スキャナを動作させる

### 1.1 YDLiADR X4

今回使用するYDLiADR X4は、Shenzhen EAI Technology社の2次元LiADR製品(写真1)で、スイッチサイエンスやAmazonから1万~1万2千円程度の価格帯で入手できます。本体は10cm×7cm×5cmほどで、360度回転するレーザ・スキャン・モジュールが載っています。

スキャンは785nmの近赤外線レーザを使い、最大5,000Hzのパルス波の反射を利用して、6~12Hzで360度の全方位スキャンを行うことで周囲の反射物までの距離を測定します。レーザの出力は3mW



写真1 360度2次元距離測定器YDLiDAR X4

で、測定可能距離は0.12~10mとなっています。

YDLiDARからのレーザ光は肉眼では視認できませんし、Class1相当のレーザなので、設計上は

見本

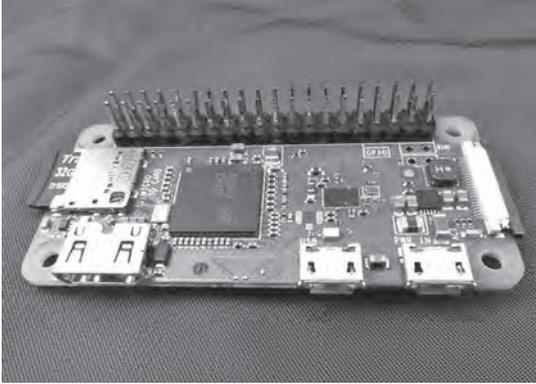


写真2 実験に使用したRaspberry Pi Zero WH

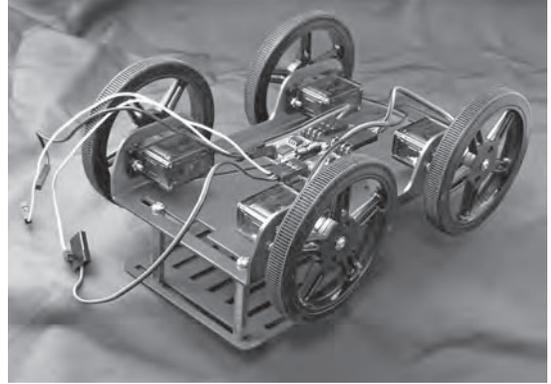


写真3 市販のキットを利用した4WD車 (FT-DC-002)

安全な出力ですが、この波長域で出力3mWは小さいわけではないので念のためYDLiDAR X4の動作中に横から目を近づけることは避けましょう。

## 1.2 ラズベリー・パイ

今回使用したラズベリー・パイはRaspberry Pi Zero WH(写真2)で、2千円弱で入手できます。ラズベリー・パイについては、Wi-Fi接続ができるものであれば他のモデルでも使うことができますが、模型の4WD車に搭載する都合上、容量的に物理サイズが大きいものや消費電力が高いものは厳しいという点で、小型で消費電力の低いRaspberry Pi Zero WHを使いました。

## 1.3 FT-DC-002

YDLiDAR X4とRaspberry Pi Zero WHを搭載する4WD車(写真3)は、秋月電子のFT-DC-002(通販コードK-13651)で、3千円弱で入手できます。4WD車となっていますが、実際には右側2輪、左側2輪をそれぞれ同一の信号で駆動し、左右の駆動を独立して制御できる仕様となっています。

## 1.4 電源

本記事では4WD車にRaspberry Pi Zero WHとYDLiDAR X4を搭載して走行させるため、電源はモバイルUSBバッテリーと単3充電電池4本の電池ボ

ックスからとります。4WD車はモータの数が多く電流もそのぶん必要なため、USBバッテリーではなく乾電池、または二次電池から電源を供給します。モータの要求仕様上、乾電池であれば3本、二次電池であれば4本の電池ボックスを用意します。

## 1.5 その他ケーブル類

上記の機材のほか、モバイルUSBバッテリーからRaspberry Pi Zero WHとYDLiDAR X4への電源供給のためのUSBケーブル、Raspberry Pi Zero WHからYDLiDAR X4を制御するためのOTG USBケーブル、Wi-Fi設定作業用のキーボードを接続するためのOTG-USBアダプタ、Raspberry Pi Zero WHからFT-DC-002へのGND接続のためにQI-QIのテスト・ワイヤが1本、HDMIケーブルが1本それぞれ必要になります。ここまでにでてきた主要なパーツを表1にまとめました。表2はHDMIモニターを利用できない場合に必要なパーツです。

## 1.6 ROS2用パソコン

本記事では、Raspberry Pi Zero WHのYDLiDARからのデータ取得と4WD車の操縦のために、ROS2のパッケージを使ったPythonスクリプトを走らせるパソコンが必要です。Windowsの場合は、Windows10でWSL2、もしくはWSLを有効にし、

# 特別企画 M5Stackシリーズで スマート・ロックを作ってみた(前編)

## ATOM Lite(ESP32)で Wi-Fiプロミスキャス・モードを使った スマートフォン検知センサを作る

Wi-Fi  
プロミスキャス・モード  
の仕組み  
接近したMACアドレスで  
ON! (前編)

### 使用機材

ATOM Lite (前編+後編) M5Stack Basic (後編)  
M5Stack用ToF測距センサユニット(後編)  
マイクロサーボSG90(後編)

生田 朋広  
(株式会社 WorldLink&Company)

M5Stack(ESP32)シリーズで最終的にはスマート・ロックを作ります。今回は前編として、ATOM Lite(ESP32)のWi-Fiプロミスキャス・モードを使ってMACアドレスを登録したスマートフォンが近づいたことを検知するセンサ部のプログラムを作成します。後編で帰宅検知、入退室チェックなどに応用します。

### システムの構成

#### ● 全体のイメージ

図1のように、MACアドレスを登録したスマートフォンをプロミスキャス・モードを使ってATOM Liteで検知します。

検知したイベントをUART経由でM5Stackに渡してサーボ・モータを駆動させ鍵の開閉や、リレ

ーやSSRを制御して汎用的に外部機器のON/OFFができるようにします。

また、インターネット経由でIoTアプリ Blynkと連動することで、スマートフォン上のBlynkアプリを使って鍵の開閉や外部機器のON/OFFができます。

前編では、スマートフォンをWi-Fiで検知するセンサ部の仕組みを説明しながらプログラムを作成します。

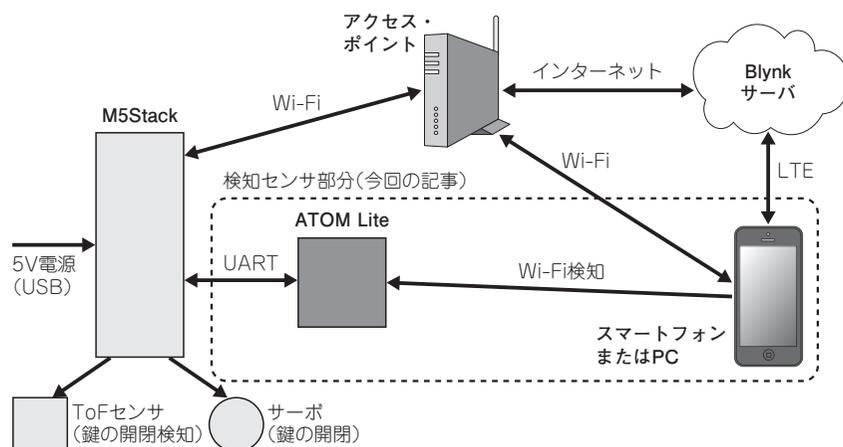


図1 構成図

見本

表1 機材表

部品・機材	品名	員数	購入先
ATOM Lite 本体	ATOM Lite	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/6262/">https://www.switch-science.com/catalog/6262/</a>
※USB Type-C ケーブル	-	1	※付属されていないので別途準備
※リレー	M5Stack リレー・ユニット	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/4054/">https://www.switch-science.com/catalog/4054/</a>
※LED スタンド	-	1	ダイソー

※デバッグ用

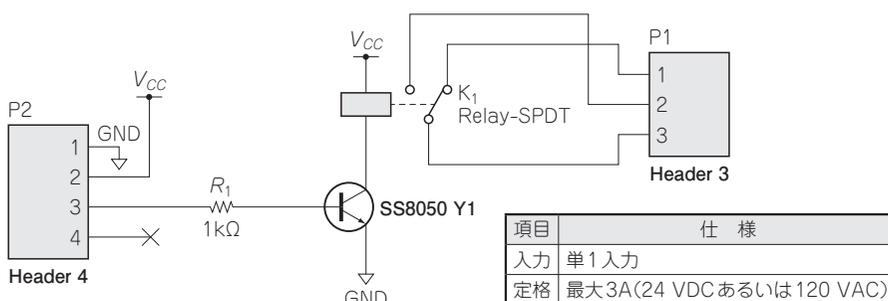


図2 M5Stack リレー・ユニットのおもな仕様

### ● 使用する機材について (Wi-Fi検知センサ部のみ)

今回使用する機材を表1に示します。ATOM Liteは、ESP32-PICO-D4を搭載したM5Stackシリーズの中でもっともコンパクトなサイズです。BluetoothとWi-Fi通信が可能で、赤外線LED、RGB LED、ボタン、Grove互換コネクタを備えています。さらに、6つのGPIOを介してセンサやモータなどに接続できます。

※ATOM Liteは、デバッグ時に必要なUSB Type-Cケーブルが付属されていないので別途準備する必要があります。

### ● M5Stack リレー・ユニットをON/OFF

Wi-Fi検知センサのデバッグ用に、M5Stackリレー・ユニットを使用してLEDスタンドの電源(USBアダプタ供給DC5V)のON/OFFを行いました。ATOM LiteのGrove互換コネクタに接続して使用できます(図2)。

表2 サンプル・プログラム構成

No.	ファイル名	内容
1	wifidetecotr_atomlite_v1.ino	Wi-Fi検知センサ用サンプル・プログラム

## プログラム構成

作成したプログラム(表2)は、Webページ(<https://eleki-jack-iot.com>)で公開しています。このあとの解説のようにATOM Lite用にArduino IDE環境をセットアップして、ダウンロードしたサンプル・プログラムの必要箇所を修正してからATOM Liteにプログラムを書き込んで使用してください。

このサンプル・プログラムを作成するときに参考文献(1)~(4)を参考にしました。

### ● ATOM LiteのArduino IDE環境のセットアップ方法

ATOM Lite用のArduino IDE環境のセットアップと方法としては、M5Stack社ページ([https://docs.m5stack.com/en/arduino/arduino\\_](https://docs.m5stack.com/en/arduino/arduino_)

# M5StickC Plus(ESP32)と プログラミング・ツールUIFLOWで作る

換気を  
マイコンで  
管理

## 外出先からスマホで 確認/操作できる 環境センサ内蔵USB扇風機

### 使用機材

M5StickC Plus  
USB 扇風機  
M5Stack 用環境センサ・ユニット ver.2 (ENV II)  
TVOC/eCO<sub>2</sub> ガス・センサ・ユニット (SGP30)  
M5Stack 用拡張ハブユニット



生田 朋広  
(株式会社 WorldLink&Company)

温湿度センサ、気圧センサ、eCO<sub>2</sub>センサとUSB扇風機を連動させます。クラウド経由で外出先からセンサ情報を見たり、扇風機をON/OFFできます。

介護施設や店舗の個室、オフィスの例えば会議室や在宅勤務中にほかの部屋などの環境センサ・モニタリングに利用できます。

ESP32マイコン用プログラミング・ツールUIFLOWを使って手間をかけないM5StickC Plusのプログラミング方法を学びます。

### 環境センサ内蔵 USB扇風機のシステム構成

#### ● 構成イメージ

図1のように、環境センサ内蔵USB扇風機は、M5StickC PlusにI<sup>2</sup>Cで接続した温湿度/気圧センサ・ユニット、eCO<sub>2</sub>センサ・ユニットで取得した環境データをM5StickC Plus上のLCD画面にグラフ表示し、インターネット経由でもWebブラウザで同じように表示できます。これは、UIFLOWのRemote機能を使用しています。

USB扇風機の5V電源(USBアダプタから供給)からM5StickC Plusにも電源供給し、M5StickC PlusのGPIO端子でUSB扇風機のON/OFF制御、ADC端子でUSB扇風機の動作状態を電圧値で確認します。

また、温度と湿度データから熱中症警戒度(湿

きゅうこつきゅうおんど  
球黒球温度WBGT; Wet-bulb globe temperature)と不快指数を算出します。警戒度や不快指数が上がる、またはCO<sub>2</sub>濃度が高くなると自動でUSB扇風機を回します。

#### ● 使用する機材について

今回使用する機材を表1に示します。M5StickC Plusは、ESP32-PICO-D4を搭載し、LCD(1.14インチ135×240)、120mAh バッテリ、赤外線、RTC、ブザー、赤色LED、6軸IMU(Inertial Measurement Unit)、ボタン、PMIC等が内蔵されています。BluetoothとWi-Fi通信も可能です。また、従来品M5StickCを大画面(18.7%拡大)にしたアップグレード製品で、M5Stick用拡張モジュールのHATやUnitファミリ製品が利用可能です。

※M5StickC Plusは、デバッグや充電時に必要なUSB Type-Cケーブルが付属されていないので

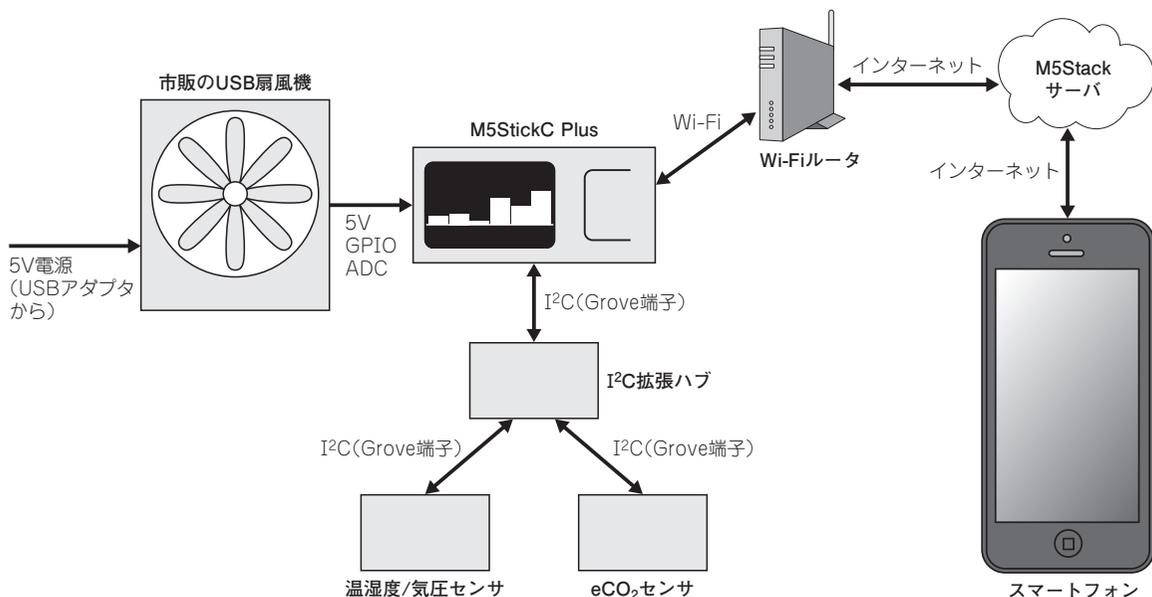


図1 Wi-Fi環境センサ内蔵USB扇風機のシステム構成

表1 機材表

部品・機材	品名	員数	購入先
M5StickC Plus 本体	M5StickC Plus	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/6470/">https://www.switch-science.com/catalog/6470/</a>
USB Type-C ケーブル	-	1	※付属されていないので別途準備
温湿度/気圧センサ	M5Stack用環境センサ・ユニット ver.2(ENV II)	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/6344/">https://www.switch-science.com/catalog/6344/</a>
eCO <sub>2</sub> ガス・センサ	TVOC/eCO <sub>2</sub> ガス・センサ・ユニット (SGP30)	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/6619/">https://www.switch-science.com/catalog/6619/</a>
I <sup>2</sup> C 拡張ハブ	M5Stack用拡張ハブユニット	1	<a href="https://www.switch-science.com/catalog/5696/">https://www.switch-science.com/catalog/5696/</a>
USB 扇風機	LPM-1081U	1	ドウシヤ

表2 M5Stack用環境センサ・ユニット ver.2(ENV II)のおもな仕様

項目	仕様
温度測定範囲	-40 ~ 120℃
標準温度許容差	0 ~ 60℃ / ±0.2℃
湿度測定範囲	10 ~ 90%RH / ±2%
気圧測定範囲	300 ~ 1100 hPa / ±1 hPa
通信プロトコル	I <sup>2</sup> C : SHT30(0x44), BMP280(0x76)

別途準備する必要があります。

## ● センサの仕様

M5Stack用環境センサ・ユニット ver.2(ENV II)は、SHT30という高精度デジタル温湿度センサとBMP280という絶対大気圧センサを搭載して、表2の仕様で温度、湿度、気圧が測定でき

表3 TVOC/eCO<sub>2</sub>ガス・センサ・ユニット(SGP30)のおもな仕様

項目	仕様
測定範囲	エタノール : 0 ~ 1000ppm
	H <sub>2</sub> : 0 ~ 1000ppm
	TVOC : 0 ~ 60000ppb
	eCO <sub>2</sub> : 400 ~ 60000ppm
TVOC/eCO <sub>2</sub> サンプリング・レート	1Hz
TVOC/eCO <sub>2</sub> 分解能	TVOC : 1/6/32bbp
	eCO <sub>2</sub> : 1/3/9/31ppm
通信プロトコル	I <sup>2</sup> C : (0x58)

る環境センサ・ユニットです。

TVOC/eCO<sub>2</sub>ガス・センサ・ユニット(SGP30)は、SGP30というデジタル・マルチピクセル・ガス・センサを搭載しているユニットです。仕様を表3に示します。空気中のVOC(揮発性有機化合物)と水素(H<sub>2</sub>)を測定し、TVOC(総揮発性有機

見本

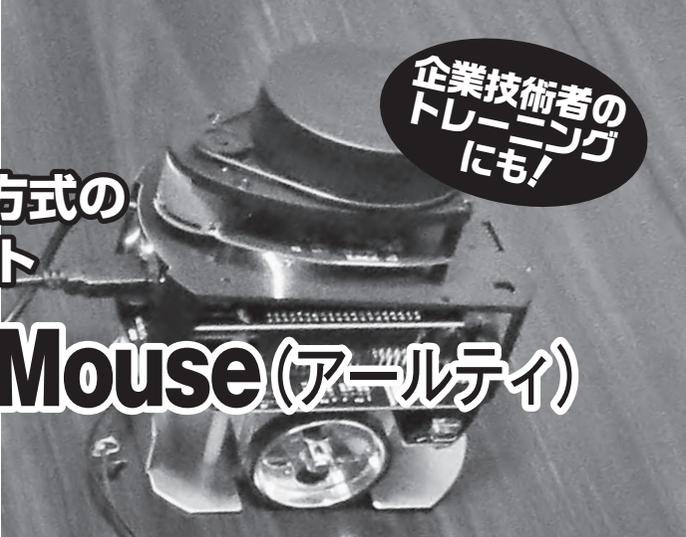
## ユーザ試用レポート

# RPLIDAR搭載独立二輪方式のプラットフォーム・ロボット

# Raspberry Pi Mouse(アールティ)

### 使用機材

Raspberry Pi Mouse V3  
RPLIDAR A1 (マウント含む)



企業技術者の  
トレーニング  
にも!

中村 文隆(東京大学情報基盤センター)

アールティ社が販売しているRaspberry Pi Mouse V3をROS2を使って、二次元スキャンしたデータをRviz2でSLAMして、空間のマッピングを実験します。

## 1 ラズパイマウスとは?

### 1.1 Raspberry Pi Mouse

Raspberry Pi Mouse(以下、ラズパイマウス)は、メイン・ボードとしてラズベリー・パイを使うように設計された左右独立二輪方式のプラットフォーム・ロボットです。ラズベリー・パイのBシリーズ(B+, 2B, 3B/3B+, 4B)を搭載する前提で作られており、左右に4相ステッピング・モータ駆動の車輪を持ち、基本的な入出力パーツがあらかじめ取り付けられています。あとは自分が必要とするパーツを追加していくことで、ロボット・プログラミングに必要なハードウェアを手早く構築できてしまう優れたものです。

ソフトウェアは、世界標準ともいえるROS2に対応したデバイス・ドライバが提供されており、ROS2の標準的なコマンドやツールが手軽に使えるほか、独自のプログラムの作成もできそうです。

今回、編集部を通して開発・販売元のアールティ株式会社様から、RPLIDARを搭載したラズパイマウスをお借りすることができましたので、UbuntuのインストールからROS2のセットアップ、SLAMのテストまでをレポートします。

### 1.2 ラズパイマウスの構成

今回お借りしたラズパイマウスは、Raspberry Pi Mouse V3 フルキットにオプション・キットのマルチLiDARマウントを装着し、RPLIDAR A1を搭載したモデルです(写真1)。試用レポート時の全体の構成を図1に示します。LiDARマウントは写真2のように四隅の大きめの爪で固定されており、ラズベリー・パイのSDカードにアクセスする際にも簡単に取り外すことができます。

ラズベリー・パイ本体は写真3のようにピン・

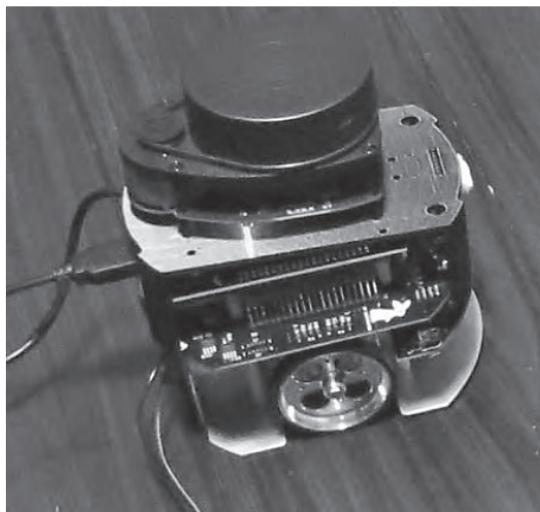


写真1 LiDAR スキャナを搭載したラズパイマウス

見本

# 堅牢なシステムならArduinoがおすすめ!! 太陽電池パネルの電源で 池の循環ポンプを 制御する

**PWM  
&  
間欠運転**



## おもな使用機材

- バス用ポンプ
- Arduino Uno (周辺回路は回路図参照)
- 太陽電池パネル
- 降圧型スイッチングモジュール・キットAE-MPM80 (秋月電子通商)
- スイッチング電源キットAE-HRD12003 (秋月電子通商)

神崎 康宏(テクニカル・ライター)

Arduino マイコンでモータの間欠ON/OFFを行います。PWMによりON時のモータの回転を0~100%まで可変できます。具体例として池の水を循環させるポンプをArduino マイコンで制御します。太陽電池を電源に使います。

プログラムの設定値を外部回路の半固定抵抗で変更できます。

※バス用ポンプを屋外の池の水の循環に使用しています。この使用方法は、バス用ポンプのメーカー保証外となります。

## 1 作るシステムの概要

- 太陽電池パネルを電源に利用して池の循環ポンプを駆動する

Arduinoのマイコン・ボードでポンプ(モータ)

を間欠運転しモータの寿命を延ばします。さらにモータのON時は、モータの出力をPWM(Pulse Width Modulation)で制御できるようにプログラムしています。これにより、「例えばモータ80%

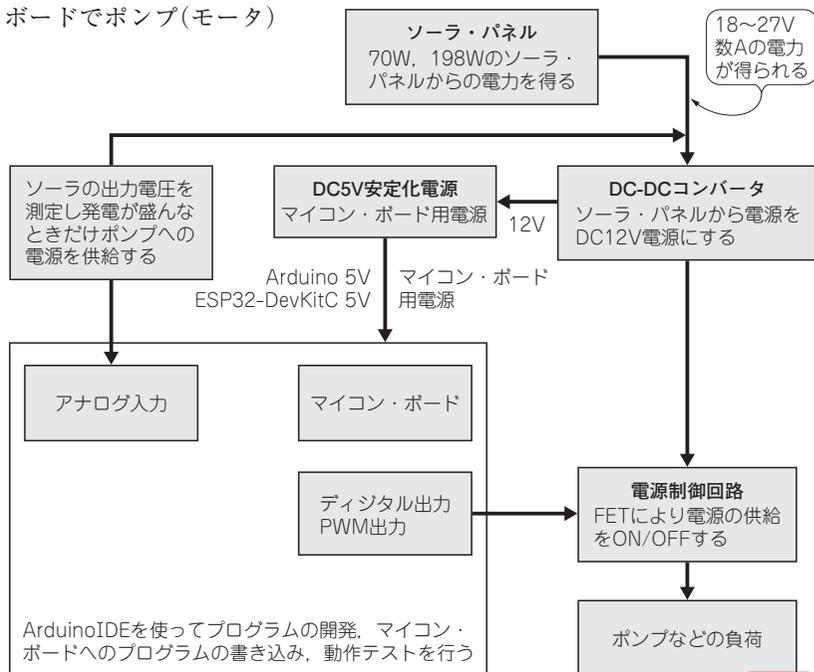


図1  
今回作成するシステム  
のブロック図

ArduinoIDEを使ってプログラムの開発、マイコン・ボードへのプログラムの書き込み、動作テストを行う

**見本**

