自作IoT機器とクラウドを用いた無線データ収集と遠隔監視の試み

性能部　構造・環境グループ　鈴木 昌樹

■はじめに

最近よく聞くIoTとは，Internet of Things の略で，日本語では「モノのインターネット」と訳されています。IoT機器とは，インターネットに接続して何らかの働きをするモノの総称です。代表的なものはスマートスピーカです。最近はロボット掃除機などの家電製品もIoT化されていて，外出先から遠隔操作ができるものがあります。クラウドとは，明確な定義はないのですが，インターネットを通じてIT企業などの情報処理サービスを利用する仕組み一般を表していると言えるでしょう。クラウドという語は，インターネット上のどこか（実際にはIT企業のデータセンタ）にあるコンピュータなどの計算資源を雲のイラストで表すIT業界の慣習に由来しています。身近なものにはクラウドメールサービスの Gmail などがあります。

研究開発では，屋内外の離れたところから無線でさまざまな測定データを収集したい，データを自宅や出先から監視したいということがよくあります。これを実現するのは，まさにIoT機器とクラウドです。ここでは，筆者がIoT機器のソフトウェア，ハードウェア双方の学習のために行った私的なプロジェクトである，IoT屋外温湿度記録計の製作を通じて，IoT機器の仕組みとクラウドの利用について解説します。

■簡単になったマイクロコントローラ

マイクロコントローラ（マイコン）とは，様々な電子機器に組み込まれている制御（いわゆるマイコン制御）用の集積回路です。コントローラと呼ばれていますが，コンピュータの一種です。小形のIoT機器には，安価で消費電力が小さいマイコンが広く使われています。かつて，マイコンを用いた回路の製作やマイコンのプログラミングは，専門家だけの領域でした。しかし，15年ほど前，美術専攻の学生向けにマイコンとその周辺回路を使いやすい形で提供したArduino（アルドゥイーノ，**図1**）とそのプログラム開発用ソフトウェアArduino IDE（Integrated Development Environment）（**図2**）[1)] が整備され，分野を超えて熱狂的な支持を集めてきました。有志の手によって様々なセンサやアクチュエータ（サーボモータなど電気信号を実際の動きに変換する仕組み）のライブラリ（他のプログラムの一部として再利用可能なプログラム）が開発され，センサを通して外界から働きかけを受ける，あるいはアクチュエータを介して外界に働きかけるプログラムを容易に作成することができるようになりました。余談ですが，このような活動をフィジカル（物理的な）コンピューティングと呼びます。Arduinoとそのソフトウェア群は，対応するマイコンの種類を増やしつつ発展し，事実上の業界標準となりました。現在では大学での研究や企業の試作などでも幅広く使われています。さらに，最近のマイコンは無線LAN（Local Area Network）インターフェースを内蔵し，簡単に

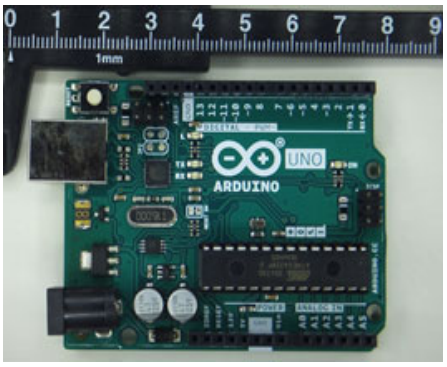

図1　代表的なArduino（Arduino UNO）
（右下の黒い長方形がマイクロコントローラ）

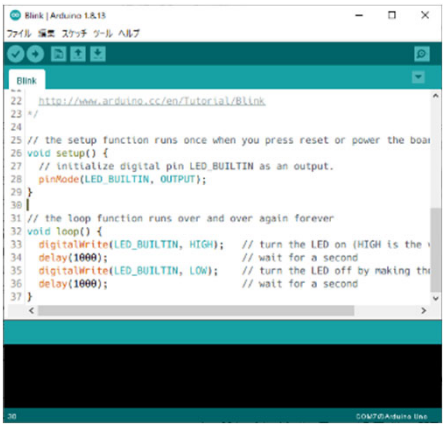

図2　Arduino IDE
（プログラムの作成の他マイコンへのプログラム転送などを行える）

インターネットに接続できるようになりました。つまり，IoT機器を自分で作ることができるのです。

■自宅ベランダの気温を世界中どこからでも

賃貸住宅のベランダに室外温度計を設置したいけれど，配線を通す穴を開けられないということが，このプロジェクトの発端です。これを解決するために，無線LANでデータを送信する電池駆動の温湿度センサノード（無線データ送信端末）と，データを受信して表示する親機を製作することにしました。せっかく無線LANを使うのですから，インターネットを利用してクラウドへデータを送信して，webブラウザからデータの時系列グラフを閲覧できるようにしました。このようなサービスをデータ可視化サービスと呼びます。このサービスを使うと，データのグラフ化と保存のプログラムを書く手間を省くことができます。また，保存したデータに対する，インターネット経由の安全なアクセスを可能にします。さらに，自作したハードウェアが壊れても，データはクラウド上に残ります。クラウドを使うことによって，非力で記憶容量も小さいマイコンでも大量のデータを安全に扱うことができるようになります。このように，IoT機器とクラウドは切っても切り離せない密接な関係にあります。

今回は，国内のデータ可視化サービスである，Ambient（アンビエント）[2]の無料枠を選びました。自作IoT機器は，データの保存先を好みに合わせて選ぶ事ができるのが最大の利点です。市販のIoT機器では，機器の寿命より先にクラウドサービスの提供が終わってしまって，せっかくの装置が使えなくなってしまった事例がすでに起きていますが，自作機器ならば，データの送信先を変えればよいので，この心配はありません。作製したIoT屋外温湿度記録計の大まかな仕組みを**図3**に示します。

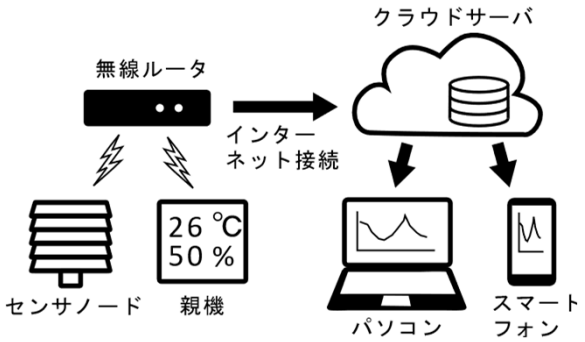

図3　IoT屋外温湿度記録計の仕組み

■センサノードの製作

屋外センサノードには，Arduino IDEを使ってプログラミング可能で，数百円で手に入る無線LAN内蔵マイコン，ESP8266[3]（Espressif社）を，温湿度センサは，ライブラリが公開されているものなかから，安価で入手が容易なものを選びました。今回は，10分に一度自動的に起動して，自宅の無線LANアクセスポイントに接続した後，温湿度データを親機とクラウドへ送信，その後電池の消耗を防ぐためにスリープモードへ移行し，また10分後に起動するというプロセスを繰り返すプログラムを作成しました。

温度センサの値は，センサそのものの温度です。センサで気温を測るには，センサが日射などの影響を受けずに，周辺の空気の温度とセンサの温度が等しくなるような工夫が必要です。しかし，これを厳密に行うのは難しいので，ここでは簡易的な自然通気式の放射よけを作りました。これは，風を通しつつ日射と雨を遮る，小さな百葉箱です（**図4**）。材料には植木鉢の皿を使いました。センサや放射よけを固定する部品は3Dプリンタで作製しました。

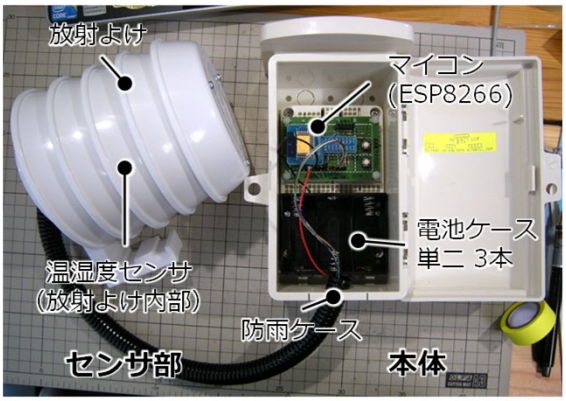

図4　温度センサノード

図5　ベランダへの設置状況

マイコンには電源やセンサを接続するコネクタを取り付けて，プログラムを転送してから市販の防雨ケースに格納しました（**図4**）。完全防水をねらって食品用の密閉容器を使いたくなってしまいますが，容器内が日射で高温になり，機器の故障を招くので避けたほうがよいでしょう。実際の設置状況を**図5**に示します。

■親機のプログラミング

親機（**図6**）には，M5Stack（エムファイブスタック，M5Stack社）[4]を使いました。これは，液晶画面，micro SDカードスロット，スピーカ，無線LANなどがついた完成品のモジュールで，Arduino IDEを用いてプログラムを作成することにより，様々な機能を実現できます。前述のハードウェア群は，製造元が用意するライブラリを用いて容易に使用できます。ここでは，センサノードからのデータを受信して，温度と相対湿度を液晶画面に表示する単純なプログラムを作成しました。他に，動作確認のため，センサノードの電源電圧と情報通信研究機構の時刻サーバから取得した正確な時刻を表示しています。

図6　親機（M5Stack）

■実際の測定

製作したセンサノードは，2年間に渡り安定してデータを送信しています。電池寿命は当初の想定を大きく超える約5ヶ月で，厳しい旭川の冬にも負けず動作し続けました。一方で，相対湿度は，冬の間に異常な値を示すようになってしまいました。これは，温湿度センサの湿度測定部の高分子膜が，凍結あるいは結露により変質してしまったためだと考えられます。筆者は，冬の湿度測定はあきらめ，毎年春先にセンサを交換することにしました。**図7**にスマートフォンを通じてアクセスした，筆者宅ベランダの温湿度の経時変化の例を示します。パスワードで保護されているので閲覧できるのは自分だけです（公開することもできます）。簡易的な放射よけでは日射の影響は避けられず，直射日光が当たると，季節にもよりますが，実際の気温より5～10℃程度高い温度を記録してしまいます。これを避けるには，測定部の断熱や強制通気など，複雑な仕組みが必要です。興味がおありの方向けに自作例を参考文献[5]に示します。

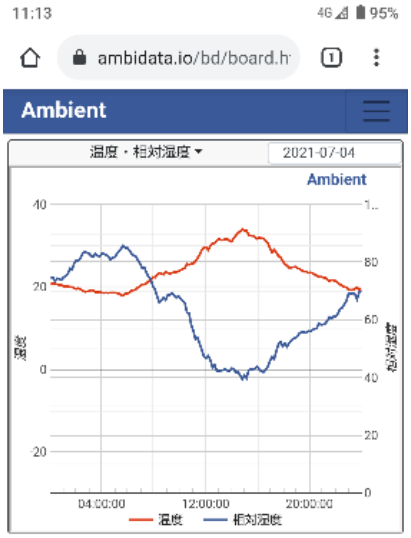

図7　スマートフォンでの表示例

■おわりに

本機は，学習のために作製したものですが，家族にも便利だと好評です。また，特に意味はありませんが，出張先から自宅ベランダの気温を確認したりもしています。本機の製作にかかった費用は1万円程度でした。本稿では，プログラムの内容の詳細には触れませんでしたが，今回作成したような単純なプログラムの例は，インターネット上で多数公開されています。マイコンとセンサを組み合わせたハードウェアについても同様です。もっとも難しいのは，ハードウェアを屋外での使用に耐える形で実装することです。

温湿度センサの他にも，マイコンには様々なセンサを接続することができます。例えば，照度センサを用いて明るさの，気圧センサを接続すれば気圧の経時変化を得ることができます。様々な物理量のうち，センサを使って電圧に変換できるものはマイコンで扱うことができますから，様々な遠隔測定，遠隔監視が考えられます。何らかの理由でインターネットに接続できない場合に備えて，親機のマイクロSDカードにデータを保存することも可能です。また，クラウドサービスにはSNS投稿，メール送信な

ど様々な機能を提供するものがあります。これらを活用すれば，異常発生時に警告メッセージを送信するような仕掛けも可能でしょう。このように，クラウド側に複雑な処理を任せることによって，IoT機器は様々な機能を実現しています。例えば，スマートスピーカは，マイクロフォンで得た音声データをクラウドへ送信し，音声解析と自然言語処理をクラウド上の人工知能で行うことによってその機能を実現しています。

■参考文献

1) Arduino Foundation：Arduino – Home https://www.arduino.cc/
（最終確認日：2021年7月6日）

2) アンビエントデーター株式会社：Ambient – IoT データ可視化サービス https://ambidata.io/
（最終確認日：2021年7月6日）

3) Espressif Systems (Shanghai)：ESP8266 Series of Modules， https://www.espressif.com/en/products/modules/esp8266
（最終確認日：2021年7月6日）

4) M5Stack：M5Stack https://m5stack.com/
（最終確認日：2021年7月6日）

5) 岡田益己，中村浩史： 温度の正しい測り方(1) 通風式放射よけの作り方，生物と気象 10:A-2 (2010) www.agrmet.jp/sk/2010/A-2.pdf
（最終確認日：2021年7月6日）