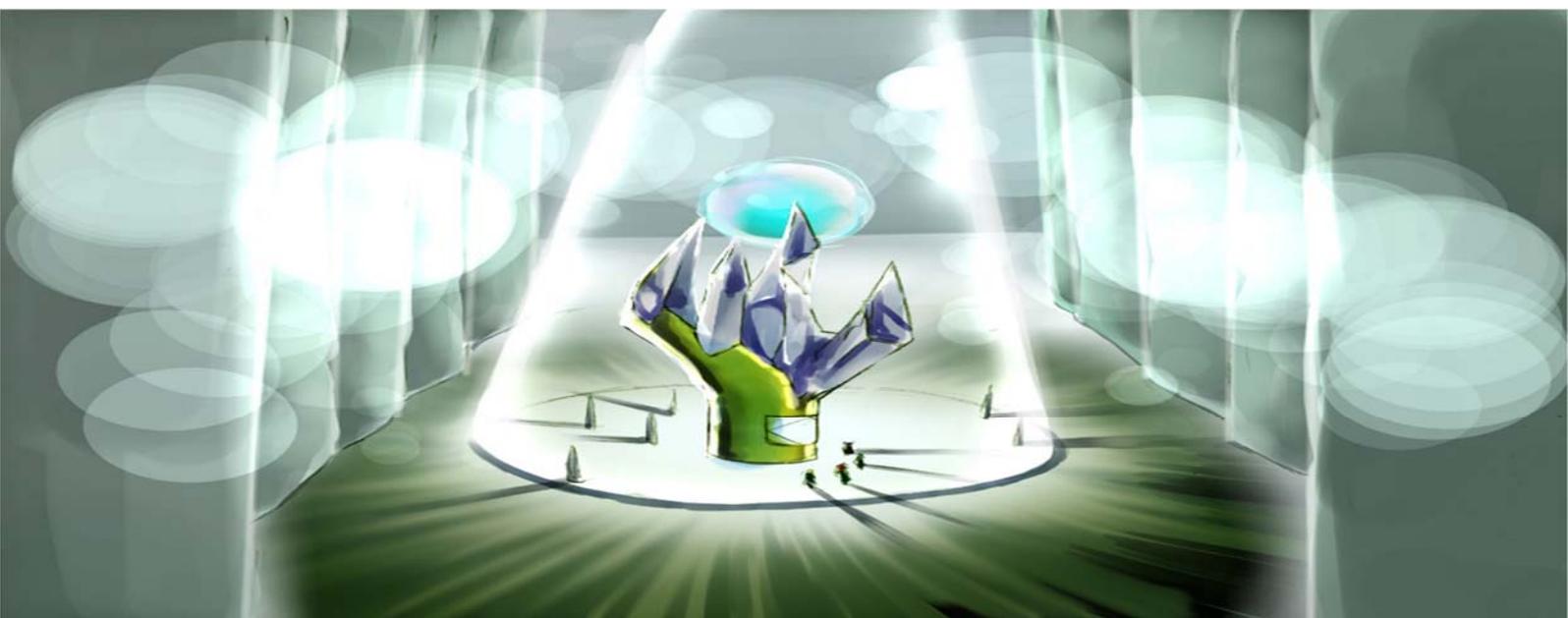


紀要 専電研

Vol.2



平成 31 年 3 月

全国専門学校電気電子教育研究会

目 次

Arduino を用いた制御回路実験	中央工学校 機械科 4 年 A 組 1 番	須貝 なるみ	1
RTK-GPS を用いた測位精度の考察	名古屋工学院専門学校 電子情報研究科	鈴木 璃喜斗 齊藤 浩太郎 浜元 春綺 木場 田俊紀 中島 史雄 玉田 陽一	11
簡易トイ・ロボットの製作	中央工学校 機械・CAD系学科	三橋 幹宏	19
専門学校 職業実践専門課程における 企業連携科目(デュアルシステム)導入の 成果と課題	日本電子専門学校	古賀 稔邦	23
デジタル DIY ツールキットによるプログ ラミング思考教育の取り組み	日本工学院八王子専門学校 テクノロジーカレッジ ロボット科	中原 大介	36
学生によるスピーカー製作の取り組みと その教育成果について	日本工学院八王子専門学校 テクノロジーカレッジ 電子・電気科	小林 和幸	39
IoT 技術を活用した産学連携実証講座へ の取り組み	東北電子専門学校	阿保 隆徳 坂藤 健 星 孝	43

Arduino を用いた制御回路実験

中央工学校 機械学科 4年 A組 1番 須貝 なるみ

目 次

	頁
1 . 概要	1
2 . 学習目的	1
3 . 学習期間	1
4 . 学習内容	1
4-1 Arduino とは	1
(1) ハードウェア	1
(2) ソフトウェア	2
① Arduino IDE	2
② スケッチ	2
4-2 Arduino の学習	2
(1) LED 点灯	2
① 動作確認	2
② フルカラーLED 制御	2
(2) LCD キーパッドシールド	3
① LCD 制御	3
② キーパッド操作	3
(3) HIDUSB	4
① USB キーボード	4
② USB マウス	5
(4) 加速度センサ	5
① センサ動作確認	5
② SPI	6
(5) RC サーボモータ	6
(6) TFT 液晶	7
(7) ステッピングモータ	8
5 . まとめ	9
6 . 所感	9
7 . 参考文献	9

1. 概要

Arduino と呼ばれるオープンソース・フィジカルコンピューティング・プラットフォームを使うことで、メカトロニクスに必要な電子工学や制御工学を学びやすくなるのではないかと考え Arduino と様々なセンサやアクチュエータ、表示器などの使い方を学習した。

2. 学習目的

- (1) Arduino の基本的な使い方を学習する
- (2) Arduino によるプログラミングの基礎を理解する
- (3) Arduino によるセンサやアクチュエータの接続や制御方法を学習する。

3. 学習期間

学習期間は以下のとおりとする。
平成 29 年 10 月 2 日 (月) ~ 平成 30 年 2 月 16 日 (金)

4. 学習内容

4-1 Arduino とは

Arduino とは、図 4-1-1 のような Atmel 社の AVR マイコンを使ったワンボードのハードウェア、C++ に似た専用の Arduino 言語と図 4-1-2 の統合開発環境から構成されるオープンソース・フィジカルコンピューティング・プラットフォームである。



図 4-1-1 Arduino UNO



図 4-1-2 Arduino IDE

(1) ハードウェア

Arduino のハードウェアには、用途に応じ様々なサイズ、機能のボードが存在する。図 4-1-1 の UNO と呼ばれる最も一般的なボードや、今回学習に使用した図 4-1-3 の Leonardo などの種類がある。その他図 4-1-4 のように I/O ピンの数が多い MEGA、ウェアラブル用途の GEMMA、Leonardo と同機能で小型の Micro、UNO

にイーサネット接続機能を統合した Ethernet などがある。



図 4-1-3 Arduino Leonardo

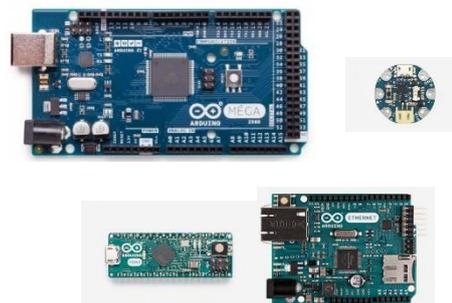


図 4-1-4 様々な Arduino

Arduino では AVR マイコンが使用されており、UNO では、図 4-1-5 のような 28 ピンの AVR マイコン ATmega328 とシリアルコンバーターとして ATmega16U2 を使用されている。今回使った Leonardo では ATmega32U4 が使用されている。Arduino はマイコンの I/O ピンの多くを他の回路で使用できるようにそのまま開放されている。

14 本のデジタル I/O ピンが利用可能で、そのうち 6 本は PWM 波を生成することができ、他に 6 本のアナログ入力ピンがある。これらの I/O ピンは基板の端にある黒いコネクタ部分に集約されている。



図 4-1-5 ATmega328P

コネクタ部分に接続するシールドと呼ばれる応用基板も発売されている。図 4-1-6 は純正のシールドの一例で左がモータ制御用のシールドで右はユーザー自身で部品を取り付けて機能を付加するプロトタイピングシールドと呼ばれるものである。

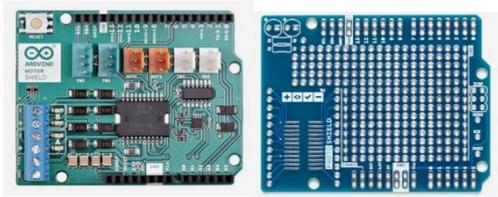


図 4-1-6 Arduino シールド

(2) ソフトウェア

① Arduino IDE

Arduino IDE とは Arduino の統合開発環境で、www.arduino.cc から無料でダウンロードができる。プログラムのコンパイル、Arduino へのダウンロード、プログラムの実行などの一連の作業を行うことができる。図 4-1-2 は Arduino IDE の画面である。

上の白い空間がスケッチと呼ばれるプログラムを書き込む部分で下の黒い空間がデバッグメッセージの表示される部分である。Windows・Mac・Linux の OS で動作する。今回はバージョン 1.8.5 を使用した。また、2018 年 1 月時点では 1.8.5 が最新バージョンである。

② スケッチ

Arduino のプログラムはスケッチと呼ばれる。スケッチが保存されるのは拡張子.ino のファイルである。下記枠内は Arduino IDE のスケッチ例に入っている「brink」という LED を点滅させるスケッチのコメントを除いたものである。スケッチは IDE でコンパイルされ Arduino の AVR マイコンに書き込まれる。

```
brink.ino
void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  delay(1000);
}
```

Arduino のスケッチには setup 関数と loop 関数という 2 つの特別な関数が必要である。もし一方の関数が不要だとしても、存在しない場合にはコンパイルされなくなる。関数内を空白にするなどし、スケッチには両方の関数を書く必要がある。

setup 関数はプログラムを実行した際最初の 1 度だけ呼び出され、ライブラリの初期化やピンモードの設定といった処理に使われることが多い。

loop 関数はスケッチのメインとなる部分で、ループという名の通り繰り返し実行される。実行したい処理を内部に書く。

4-2 Arduino の学習

最も流通している UNO とピンの配置がほぼ同一でキーボードやマウスなどの USB デバイスとしての振る舞いが可能、かつ安価なことから Arduino Leonardo を使用した。

(1) LED 点灯

① 動作確認

まずスケッチ例の「brink.ino」を実行した。日本では「Lチカ」とも呼ばれ Arduino に初めて触れる際に使われるプログラムである。抵抗内蔵 LED を Arduino の 13 ピンと GND ピンに直接接続し、プログラムを実行した。

setup 内の pinMode 関数はデジタルの入出力を設定する関数で、ピンを出力に設定している。関数の 1 番目のパラメータでは入出力を設定するピンを指定している。主にデジタルピンを指定するが“A0”のように指定すればアナログピンの 0 番ピンをデジタルピンとして使用できる。“LED_BUILTIN”は Arduino における特別な定数で Arduino のほとんどのボードにあらかじめ用意されているテスト用 LED を使用する場合に設定する。一般的なボードでは 13 番ピンである。2 番目のパラメータでは入力か出力を設定する。“OUTPUT”で出力“INPUT”で入力となる。

loop 内の digitalWrite 関数では LED を点灯したり消灯したりさせている。1 番目のパラメータはピン番号を指定しており、先に pinMode 関数で出力を設定したピンの番号を入れる。2 番目のパラメータでは指定したピンの電圧をセットする。“HIGH”で 5V “LOW”で 0V になる。

delay 関数はプログラムを指定した時間、タイマーのように休止させる関数である。パラメータの単位はミリ秒である。例では 1000 を指定しているので 1 秒の停止となり LED の点灯と消灯の時間を制御している。

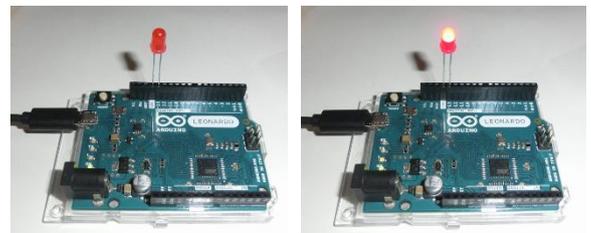


図 4-2-1 LED 点灯

② フルカラーLED 制御

図 4-2-2 の kumantek の Arduino のスターターキット内のフルカラーLED を使用した。

スケッチ「FullColorLED」では Arduino の 9 ピンとモジュールの R、10 ピンと G、11 ピンと B を接続した。

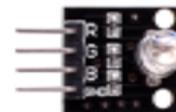


図 4-2-2 フルカラーLED モジュール

digitalWrite 関数の“HIGH”で対応した色に光る。analogWrite 関数を使い、Arduino の出力電圧を変えると色の強弱をつけることもできる。3 色の組み合わせで様々な色を表現できる。

```

FullColorLED.ino
void setup() {
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(10,LOW);
  digitalWrite(11,LOW);
}

void loop() {
//赤緑青順番 + 全色点灯
  digitalWrite(9,HIGH);
  digitalWrite(11,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(10,HIGH);
  digitalWrite(9,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(11,HIGH);
  digitalWrite(10,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(11,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(9,HIGH);
  digitalWrite(10,HIGH);
  digitalWrite(11,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(10,LOW);
  digitalWrite(11,LOW);
  delay(500);
}

```



図 4-2-3 フルカラーLED

(2) LCD キーパッドシールド

表示器の使用やボタン動作の確認に図 4-2-4 のサインスマートの LCD キーパッドシールドを使用した。LCD とは liquid crystal display の略で液晶ディスプレイのことである。



図 4-2-4 LCD キーパッドシールド

①LCD 制御

Arduino では、LCD を制御するためのライブラリ LiquidCrystal が用意されている。LiquidCrystal ライブラリを使うと簡単に LCD を表示することができる。このライブラリを使うことで、日立製作所から発売されたキャラクタ型 LCD 用のコントローラ IC の HD44780 とその互換チップセットをベースにした LCD を制御で

きる。現在は、ほぼすべてのキャラクタ型 LCD で HD44780 またはその互換 IC が使用されている。

次のスケッチ「HelloWorld」で動作を確認した。図 4-2-5 がプログラムを実行した結果である。

まず、スケッチの最初に #include でライブラリを読み込む必要がある。次に LiquidCrystal のコンストラクタで使用するピンの設定をする。このシールドでは Arduino の 4~9 ピンが使われる。クラス begin は LCD の横方向の字数と縦方向の字数がいくつあるかを指定する。このシールドは横に 16 文字、縦 2 行文字を表示できる。クラス setCursor では LCD のどの位置から文字を出力するかを指定する。“0,0” の場合は左上からとなる。クラス print には表示したい文字を入れる。アルファベットや数字記号が出力できる。処理を加えるとカタカナも表示できるようになる。

```

HelloWorld.ino
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 8, en = 9, d4 = 4, d5 = 5, d6 = 6, d7 = 7;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Hello World!!");
}
void loop() {
}

```



図 4-2-5 動作風景

②キーパッド操作

このシールドでは、6 つスイッチが付いておりそのうち 1 つは Arduino のリセットスイッチとなっており、5 つは自由に使えるスイッチとなっている。5 つのスイッチは全て Arduino の A0 とつながっており、スイッチを押すと電圧が変わるのを読むことで、どのスイッチが押されたかを認識している。次のスケッチ「HelloWorld2」で動作を確認した。スイッチが押された場合 “RightKeyPush” などのメッセージを LCD に表示するものとなっている。図 4-2-6 が SELECT スイッチを押したとき、図 4-2-7 が RIGHT スイッチを押したときの結果である。

```

HelloWorld2.ino
#include <LiquidCrystal.h>
const int NUM_KEYS = 5;
char msgs[NUM_KEYS][17] =
    {"RightKey Push", "UpKey Push", "DownKey Push", "LeftKey Push", "SelectKey Push"};
int adc_key_val[NUM_KEYS] = {100, 300, 500, 700, 800};
int adc_key_in;
int key = -1;
int oldkey = -1;
const int rs = 8, en = 9, d4 = 4, d5 = 5, d6 = 6, d7 = 7;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
void setup() {
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.print("Hello World!!");
}
void loop() {
    adc_key_in = analogRead(0);
    Serial.println(adc_key_in);
    key = get_key(adc_key_in);
    if (key != oldkey)
    {
        delay(100);
        adc_key_in = analogRead(0);
        key = get_key(adc_key_in);
        if (key != oldkey)
        {
            oldkey = key;
            if (key >= 0){
                lcd.setCursor(0, 1);
                lcd.print(msgs[key]);
            }
        }
    }
}
int get_key(unsigned int input){
    int key1;
    for (key1 = 0; key1 < NUM_KEYS; key1++){
        if (input < adc_key_val[key1])
            return key1;
    }
    if (key1 >= NUM_KEYS)
        key1 = -1;
    return key1;
}

```



図 4-2-6 SELECT ボタンを押したとき



図 4-2-7 RIGHT ボタンを押したとき

今回のスケッチでは関数や if 文などを使用した。関数とは、プログラムコードを機能ごとに分割したものを呼ぶ。関数はスケッチの中で何度も行われる処理を一つにまとめるため、スケッチのサイズを小さくしたり、他のプログラムで再利用することが容易になったり、コードが読みやすくなるという効果もある。

(3) HIDUSB

Arduino Leonardo などの ATmega32U4 ベースのボードはパソコンと USB で接続したとき、ボード自身を HID (Human Interface Device) として認識させる機能が備わっている。HID とは USB 接続のキーボードやマウス、ゲームパッドのような人とコンピュータとの接点となる入出力装置のことである。Arduino から任意の文字列をパソコンに打ち込んだり、マウス操作を行ったりということが可能になる。

①USB キーボード

次のスケッチ「keyboard」では、パソコンにつないでいると Arduino の 8 ピンにつながれたスイッチが押されたとき “test” と入力した後 Enter キーを押すという動作がパソコンで行われる。Keyboard ライブラリが必要である。

クラス print では文字の入力を行うことができる。クラス press では Enter キーや Ctrl キーなどの入力動作ができる。クラス releaseAll を使うまでキーが押されたままの状態を維持するため、複数のキーの同時押しなども動作させることができる。ショートカットキーを登録しておけば、省力化やスイッチ入力だけで特別な動作を行うことができる。

また JP キーボードや US キーボードなど、キー配列の違いにより記号を入力しようとするとき意図したものと違う記号が入力されることがあるなどの注意が必要な部分もある。

```

keyboard.ino
#include <Keyboard.h>
const int Button = 8;
void setup() {
    pinMode(Button, INPUT_PULLUP);
    Keyboard.begin();
}
void loop() {
    if (digitalRead(Button) == LOW) {
        Keyboard.print("test");
        delay(100);
        Keyboard.releaseAll();
        delay(100);
        Keyboard.press(KEY_RETURN);
        delay(100);
        Keyboard.releaseAll();
        delay(100);
    }
}

```

②USB マウス

次のスケッチ「mouse」では、8ピンにつながれたスイッチが押されたときマウスカーソルがわずかに上に動くようになっている。Mouse ライブラリを使用している。クラス move では、X 軸方向に動かす量、Y 軸方向に動かす量、マウスホイールをスクロールする量をパラメータとしている。他にクリックやマウス押下を送信するクラスもある。

キーボードやマウスとしての動作は設定を誤った場合、パソコンと Arduino をつなぐと同時にマウスカーソルなどが暴走し新たにプログラムを書き込むのを邪魔することが起きるため注意が必要である。

```
mouse.ino
#include <Mouse.h>
const int Button = 8;
void setup() {
  pinMode(Button, INPUT_PULLUP);
  Mouse.begin();
}
void loop() {
  if (digitalRead(Button) == LOW) {
    Mouse.move(0, -10, 0);
    delay(100);
  }
}
```

(4) 加速度センサ

株式会社秋月電子通商で販売されているモジュール 3 軸加速度センサモジュール LIS3DH を使った。I2C と SPI の両インターフェイスに対応していて、今回は SPI (Serial Peripheral Interface) で接続した。X・Y・Z の 3 軸の加速度 G を 12 ビットデータで読み取ることができる。



図 4-2-8 LIS3DH モジュール

①センサ動作確認

次のスケッチ「LIS3DH」では LIS3DH モジュールとの接続の確認のみを行っている。パソコンに接続した状態で図 4-2-10 の IDE のシリアルモニタもしくはシリアル通信のできる図 4-2-11 の Tera Term のようなソフトウェアを使い Arduino とモジュールが無事に接続され通信ができていないかを確認する。無事通信ができていれば“start”と表示され、できていなければ“not”と表示され処理が停止する。

図 4-2-10 は加速度センサの 3 軸全ての数値を読み取りセンサの角度を算出したものを 0.5 秒ごとにシリアルモニタに出力したものである。

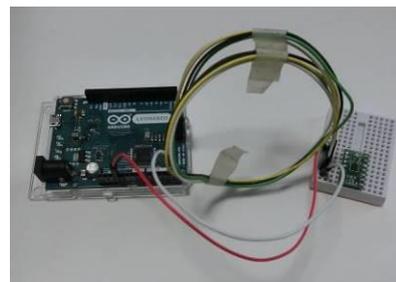


図 4-2-9 加速度センサ接続

```
LIS3DH.ino
#include <SPI.h>
const byte READ = 0b10000000;
const byte WRITE = 0b00111111;
const int OUT_X_L = 0x28;
const int OUT_X_H = 0x29;
const int OUT_Y_L = 0x2A;
const int OUT_Y_H = 0x2B;
const int OUT_Z_L = 0x2C;
const int OUT_Z_H = 0x2D;
const int WHO_AM_I = 0x0F;
const int CTRL_REG1 = 0x20;
const int CTRL_REG2 = 0x21;
const int CTRL_REG3 = 0x22;
const int CTRL_REG4 = 0x23;
const int CTRL_REG5 = 0x24;
const int CTRL_REG6 = 0x25;
const int STATUS_REG2 = 0x27;
int x_axis = 1;
int y_axis = 2;
int z_axis = 3;
const int ss = A5;//LIS3DH 6
void setup() {
  pinMode(ss, OUTPUT);
  digitalWrite(ss, HIGH);
  delay(2000);
  SPI.begin();
  SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
  SPI.setDataMode(SPI_MODE3);
  SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV2);
  Serial.begin(9600);
  while(!Serial){}
  writeRegister(CTRL_REG1, 0x27);
  writeRegister(CTRL_REG4, 0x08);
  if(readRegister(WHO_AM_I) == 51){
    Serial.println("start");
  }
  else{
    Serial.println("!not!");
    for(;;){}
  }
  delay(100);
}
void loop()
{
}
byte readRegister(byte thisRegister)
{
  byte result = 0;
  byte dataToSend = thisRegister | READ;
  digitalWrite(ss,LOW);
  SPI.transfer(dataToSend);
  result = SPI.transfer(0x00);
  digitalWrite(ss, HIGH);
  return result;
}
void writeRegister(byte thisRegister, byte thisValue)
{
  byte dataToSend = thisRegister & WRITE;
  digitalWrite(ss,LOW);
  SPI.transfer(dataToSend);
  SPI.transfer(thisValue);
  digitalWrite(ss,HIGH);
}
```



図 4-2-10 センサ数値表示

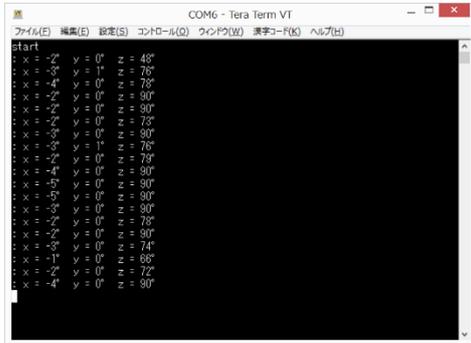


図 4-2-11 Tera Term

②SPI

SPI は、マイコンに一つあるいは複数のデバイスを短距離間で利用するために使われるシリアル同期通信プロトコルである。SPI による接続では、マスタと呼ぶマイコンのような周辺のデバイスをコントロールするデバイスが 1 つだけ存在し、スレーブと呼ぶ周辺のデバイスとの間を 3 本の線で接続するのが典型的な使い方である。MISO というスレーブからマスタへデータを送る線、MOSI というマスタからスレーブへデータを送る線、SCK というデータ転送を同期させるためマスタが生成するクロック信号を送る線の 3 本である。また、SS というスレーブ選択の線というのも存在し、複数のデバイスをマスタにつなぐ場合マスタがどのデバイスを有効にするか指定するためのピンとなっている。このピンが LOW の場合マスタとの通信が有効となり、HIGH の場合、マスタからのデータが無視される。これにより複数の SPI デバイスが 3 本の信号線を共有することができる。

SPI ライブラリを使用する際、Arduino Uno では 11 ピンが MOSI、12 ピンが MISO、13 ピンが SCK となっている。Arduino Leonardo ではボード右端の ICSP ピンを使用し、ICSP4 が MISO、ICSP1 が MOSI、ICSP3 が SCK と対応している。

SPI の通信は様々なセンサやモータドライバ、液晶モジュールなども対応している。

(5) RC サーボモータ

図 4-2-12 のような RC サーボモータを動作させた。次のスケッチ「servo」は Arduino の 8 ピンを信号ピンとつなぎ、サーボを時計回りと反時計回りを繰り返すものである。サーボモータにもライブラリがあり、Servo ライブラリを使用した。attach クラスで信号ピンを選択し、write クラスで回したい角度を設定できる。

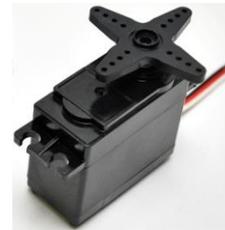


図 4-2-12 RC サーボモータ

```
servo.ino
#include <Servo.h>
Servo myservo;
int deg = 0;
int i = 0;
void setup() {
  myservo.attach(8);
  for(i=0;i<100;i++){
    myservo.write(0);
    delay(15);
  }
}
void loop() {
  for (deg=0;deg<180;deg+=1) {
    myservo.write(deg);
    delay(15);
  }
  for (deg=180;deg>0;deg-=1) {
    myservo.write(deg);
    delay(15);
  }
}
```

図 4-2-13 は加速度センサの角度に応じてサーボの角度を動かすようにしたものである。

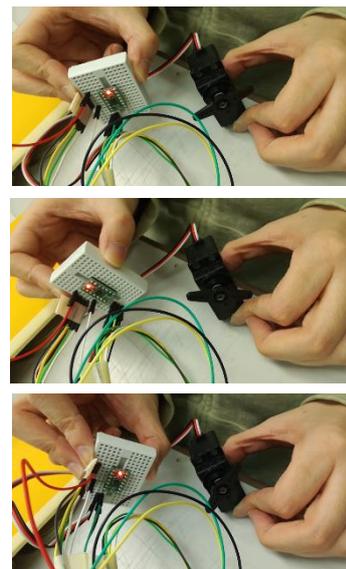


図 4-2-13 加速度センサと RC サーボ

(6) TFT 液晶

図 4-2-1 4 の Aitendo で購入した 1.8 インチ液晶モジュール(SPI) [M018C7735SPI]を使用した。内蔵コントローラチップは ST7735R とされている。裏には SD カードソケットがあり SD カードを使用できるが今回は使用しなかった。

液晶のピン配置は図 4-2-1 5 のようになっている。使用したのは 1、2、8、9、10、15、17、19 の計 8 ピンである。電源と GND、SPI の通信線、バックライトに使われている。図 4-2-1 6 が Arduino と接続した様子である。図 4-2-1 7 がスケッチ「TFT」を動作させた様子である。

通信のための SPI ライブラリ以外に液晶のコントローラチップに対応した Adafruit_GFX ライブラリと Adafruit_ST7735 の 2 種が必要となった。コントローラチップに合わせた初期化処理がうまくいっておらず色合いが設定と違っていたり、数ドット描画がずれたりしたためライブラリに変更を加えた。

この液晶は 16bit カラーの RGB565 になっているため SD カードからビットマップを読み込ませたい場合などには注意が必要である。



図 4-2-1 4 TFT 液晶

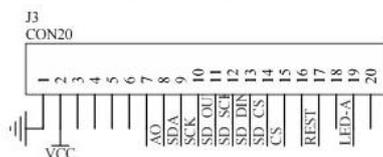


図 4-2-1 5 TFT 液晶ピン配置

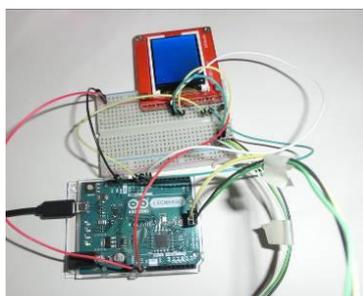


図 4-2-1 6 TFT 液晶接続



図 4-2-1 7 TFT 液晶動作

```

TFT.ino
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_ST7735.h>
#include <SPI.h>
const byte TFT_CS = 10;
const byte TFT_RST = 9;
const byte TFT_DC = 8;
Adafruit_ST7735 tft = Adafruit_ST7735(TFT_CS,
TFT_DC, TFT_RST);
const float p = 3.1415926;
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Hello! ST7735 TFT Test");
  tft.initR(INITR_AITAB);
  Serial.println("Initialized");
  uint16_t time = millis();
  tft.fillScreen(ST7735_BLACK);
  time = millis() - time;
  Serial.println(time, DEC);
  delay(500);
}
void loop() {
  tft.fillScreen(toRGB565(0,0,0)); //ST7735_BLACK
  0x0000
  delay(1500);
  testfillcircles(16, toRGB565(255,150,200));
  testdrawcircles(16, toRGB565(255,255,255));
  tft.fillRoundRect(0, 0, 16, 160, 0,
toRGB565(255,150,200));
  tft.fillRoundRect(113, 0, 120, 160, 0,
toRGB565(255,150,200));
  delay(3000);
  invert10(120,3);
  delay(500);
}
word toRGB565(byte colorR,word colorG ,word
colorB){
  word r565 =0,g565=0,b565=0,rgb565=0;
  r565=map(colorR,0,255,0,31);
  g565=map(colorG,0,255,0,63);
  b565=map(colorB,0,255,0,31);
  rgb565=(r565<<11)|(g565<<5)|(b565);
  return rgb565;
}
void invert10(int d,int i){
  for(int ll=0;ll<i;ll++){
    tft.invertDisplay(true);
    delay(d);
    tft.invertDisplay(false);
    delay(d);
  }
}
void testfillcircles(uint8_t radius, uint16_t color) {
  for (int16_t x=radius; x < tft.width(); x+=radius*2) {
    for (int16_t y=radius; y < tft.height(); y+=radius*2)
    {
      tft.fillCircle(x, y, radius, color);
    }
  }
}
void testdrawcircles(uint8_t radius, uint16_t color) {
  for (int16_t x=0; x < tft.width()+radius; x+=radius*2) {
    for (int16_t y=0; y < tft.height()+radius;
y+=radius*2) {
      tft.drawCircle(x, y, radius, color);
    }
  }
}
}

```

(7) ステッピングモータ

2種類のステッピングモータの動作を確認した。

1つ目はフルカラーLEDと同じ kumantek の Arduino のスターターキット内のステッピングモータと ULN2003 を使ったドライバのセットである。2つ目は 株式会社 秋月電子通商のバイポーラスステッピングモーター 17PM-K044-AKZ である。

17PM-K044-AKZ にも1つ目のドライバを使用した。



図 4-2-18 ステッピングモータセット



図 4-2-19 ステッピングモータ

まず kuman のキットのステッピングモータの動作を確認した。スケッチ「kumanstep1」はライブラリを使わず for 文を使い PWM をつくり巻線一相ずつに電流を流していく 1 相励磁で回転を確認した。

次に Stepper ライブラリを使用したスケッチ「kumanstep2」を作成したが良好な回転が得られなかった。速度などの数値の変更をいろいろと試したが改善は見られず、原因もわかっていない。

Stepper ライブラリでの動作が不調だったため別のライブラリも使用した。AccelStepper ライブラリというライブラリである。マイクロステップなども設定できるライブラリだった。試した結果無事回転し、スケッチ「kumanstep1」のものより滑らかな回転が得られた。

スケッチ「StepMotor_test1」では 17PM-K044-AKZ の動作を確認した。for 文を使った方式で行った。1 相励磁だけでなく、1-2 相励磁、2 相励磁も確認した。

```
kumanstep1.ino
const int Pin0 = 10;
const int Pin1 = 11;
const int Pin2 = 12;
const int Pin3 = 13;
const int Sdelay = 3;
void setup()
{
  pinMode(Pin0, OUTPUT);
  pinMode(Pin1, OUTPUT);
  pinMode(Pin2, OUTPUT);
  pinMode(Pin3, OUTPUT);
}

void loop()
{
  for(int i=0; i<480; i++){
    digitalWrite(Pin0, LOW);
    digitalWrite(Pin1, LOW);
    digitalWrite(Pin2, LOW);
    digitalWrite(Pin3, HIGH);
    delay(Sdelay);
    digitalWrite(Pin0, LOW);
    digitalWrite(Pin1, LOW);
    digitalWrite(Pin2, HIGH);
    digitalWrite(Pin3, LOW);
    delay(Sdelay);
    digitalWrite(Pin0, LOW);
    digitalWrite(Pin1, HIGH);
    digitalWrite(Pin2, LOW);
    digitalWrite(Pin3, LOW);
    delay(Sdelay);
    digitalWrite(Pin0, HIGH);
    digitalWrite(Pin1, LOW);
    digitalWrite(Pin2, LOW);
    digitalWrite(Pin3, LOW);
    delay(Sdelay);
  }
  digitalWrite(Pin0, LOW);
  digitalWrite(Pin1, LOW);
  digitalWrite(Pin2, LOW);
  digitalWrite(Pin3, LOW);
  delay(1000);
}
```

```
kumanstep2.ino
#include <Stepper.h>
const int STEPS = 200;
Stepper Motor(STEPS, 10, 11, 12, 13);
void setup()
{
  Motor.setSpeed(5);
}
void loop()
{
  Motor.step(800);
  delay(1000);
}
```

```
kumanstep3.ino
#include <AccelStepper.h>
const int HALFSTEP = 8;
const int motorPin1 = 10;
const int motorPin2 = 11;
const int motorPin3 = 12;
const int motorPin4 = 13;
AccelStepper stepper1(HALFSTEP, motorPin1,
motorPin3, motorPin2, motorPin4);
void setup() {
  stepper1.setMaxSpeed(1000.0); //
  stepper1.setAcceleration(500.0); //
  stepper1.setSpeed(2000); //
  stepper1.moveTo(40760); //
}
void loop() {
  if (stepper1.distanceToGo() == 0) {
    stepper1.moveTo(-stepper1.currentPosition());
  }
  stepper1.run();
}
```

```

StepMotor_test1.ino
const int STEPS = 200;
const int stpDelay = 100;
const int motorpin[4] = {10,11,12,13};
void setup()
{
  for(int i=0;i<4;i++){
    pinMode(motorpin[i], OUTPUT);
    digitalWrite(motorpin[i], LOW);
    delay(10);
  }
}
void loop()
{
  for(int s=0;s<200;s++)
  {
    location12();
  }
  delay(1000);
}
void location12()
{
  digitalWrite(motorpin[0], HIGH);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[3], LOW);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[2], HIGH);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[0], LOW);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[1], HIGH);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[2], LOW);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[3], HIGH);
  delay(stpDelay);
  digitalWrite(motorpin[1], LOW);
  delay(stpDelay);
}

```

```

StepMotor_test2.ino
#include <AccelStepper.h>
const int HALFSTEP = 8;
const int motorPin1 = 10;
const int motorPin2 = 11;
const int motorPin3 = 12;
const int motorPin4 = 13;
AccelStepper stepper1(HALFSTEP, motorPin1,
motorPin2, motorPin3, motorPin4);
void setup() {
  stepper1.setMaxSpeed(150.0);
  stepper1.setAcceleration(500.0);
  stepper1.setSpeed(2000);
  stepper1.moveTo(40760);
}
void loop() {
  if (stepper1.distanceToGo() == 0) {
    stepper1.moveTo(-stepper1.currentPosition());
  }
  stepper1.run();
}

```

5. まとめ

- (1) Arduino を使った加速度センサによる入力や液晶やモータ類 HID などの出力、シリアル通信について学習できた。
- (2) Arduino のスケッチ例からの応用やライブラリ作成などもできた。
- (3) 加速度や超音波、赤外線などのセンサの使用や RC サーボやステッピングモータなどのアクチュエータの制御ができた。

6. 所感

PIC を使った時と違ったセンサやアクチュエータにも触れることができて良かった。これまでには、PIC マイコンを使った制御や AutoLISP、SOLIDWORKS のマクロなども学習した。この 4 年間で機械系の分野だけではなく深く学ぶことの少ない電子や制御、プログラミングについて他の学生より多く学んできた。そのため製品の全体を把握したり、CAD などのソフトウェアのツールのカスタマイズをしたりできる人材となり幅広く学んだことを強みとしていきたい。

7. 参考文献

- (1) Arduino をはじめよう第 3 版
発行 オライリー・ジャパン
- (2) Arduino-Home-
<https://www.arduino.cc/>
- (3) Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org>
- (4) Arduino WIKI
<http://www.musashinodenpa.com/wiki/>
- (5) 株式会社秋月電子通商
<http://akizukidenshi.com/catalog/default.aspx>
- (6) Aitendo
<http://www.aitendo.com/>
- (7) kumantech
<http://www.kumantech.com/>
- (8) AccelStepper
<http://www.airspayce.com/mikem/arduino/AccelStepper/>

以上

RTK-GPS を用いた測位精度の考察

電子情報研究科

鈴木璃喜斗 齊藤浩太郎

浜元春綺 木場田俊紀

中島史雄 玉田陽一

1. はじめに

GPS [Global Positioning System] は「全地球測位システム」のこと。アメリカが打ち上げた多数の人工衛星からの電波を受信して現在位置を測定するシステムだが、一般には、カーナビゲーションやスマートフォンの地図サービスとの組み合わせで現在位置を知るのに利用されている。

現在、移動局単体でのGPS測位における精度は3メートル程度とのことだが、基準局の受信データを利用すれば測位精度の向上が期待できる。

私たちは、移動局と基準局の2ヶ所で得られたデータからリアルタイムで測位できるRTK-GPS [Real Time Kinematic-GPS] の測位精度を考察した。

2. 概要

RTK-GPSは、リアルタイムに1センチメートル程度の精度で場所を特定できる測位技術である。私たちは、u-blox社のRTK-GPSモジュールNEO-M8P（写真1）を用いて、評判通りの精度で測位できるかを確認した。

まず計測環境を整えるために、様々なソフトのインストールとセットアップを行った。高精度測位を実現させるためには移動局の他に基準局からのGPS受信データが必要となるため独自の基準局を設けようと試みたが上手くいかなかった。そこで、公開されている私設の基準局と接続をして測定を開始した。その結果、移動局単独で測位するよりも基準局を利用したほうの測位精度が格段に向上することが確認できた。



写真-1 RTK-GPSモジュール

3. 全地球測位システムについて

衛星測位システムとは、人工衛星から発射される電波を受信して位置測定や時刻配信を行うシステムのことである。俗にいうGPSは、米国が運用する衛星測位システムのことであり一般の衛星測位システムを指すものではない。最近ではGNSS [Global Navigation Satellite System: 全地球航法衛星システム] という用語が用いられるようになった。

次に衛星測位の仕組みを説明する。地表上の自分の位置を特定するためには、複数の衛星からの距離をそれぞれ求めて、それらが一つに交わる点を数学的に導くことで実現する。（図-1）

通常は3機の衛星からの距離情報（X・Y・Z）が分かれば自分の位置を特定できるが精度を高めるために4機目の距離情報を利用する。

$$\text{測位衛星と自分までの距離} = \text{電波の速度} \times \text{電波伝搬時間}$$

- ・電波の速度=299,792,458 [m/sec]
- ・電波伝搬時間：「測位衛星から出た電波」が「ユーザの持つ受信機」に届くまでの時間

電波伝搬時間は、受信情報の中に「送信時刻」が含まれているので「受信時刻」との差から導くことができる。

4. システム構成図

RTK-GPS測量では、既知点(基準局)からの補正観測情報を携帯電話や無線を利用して移動局に送信し、移動局の位置をリアルタイムで測定する方法をいう。精度は数センチメートル程度でドローンの操縦、乗用車や作業用車両の自動走行に応用できる。

RTK-GPS測量のシステム構成を図-2に示す。使用する衛星は米国の「GPS」と中国の「BeiDou」そして日本の準天頂衛星「みちびき」である。

移動局には u-blox 社の RTK-GPS モジュールを使用し、基準局は公開されている「善意の基準局」を利用させていただいた。ここで留意しな

らなければならないのは、基準局からの補正用受信データはインターネット経由で配信されているため、移動局と基準局の距離が離れすぎていると遅延による誤差が生じるため高精度の測位は出来なくなる。よって、1センチメートルの精度で測位するためには3号館にマイ基準局を開設する必要があるが、今回は愛知県知多郡東浦町の基準局から補正データを受信した。3号館から東浦までの距離は約21キロメートルである。

5. u-center を使った GPS 単独測位

(1) NEO-M8T のセットアップ

NEO-M8T の設定には、ユーブロックス社から提供されている「u-center」をパソコンにインストールして使用する。設定項目は次の2つである。

- ①使用する衛星の種類
- ②モジュールから出力されるデータの出力先とフォーマット

これらの設定内容はモジュール内のメモリに書き込まれ

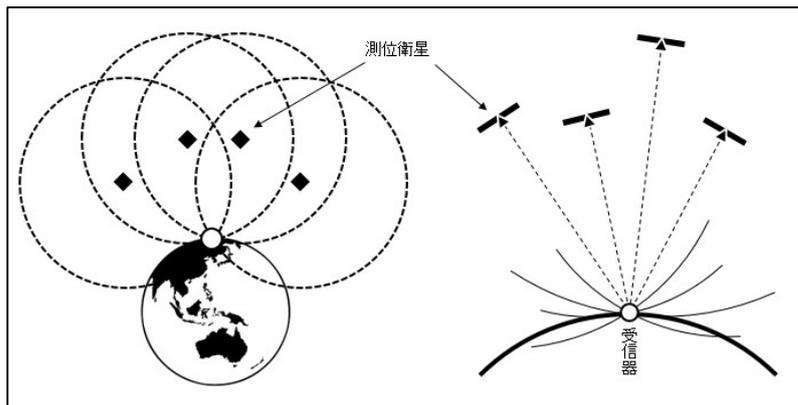


図-1 4機の衛星による測位のイメージ

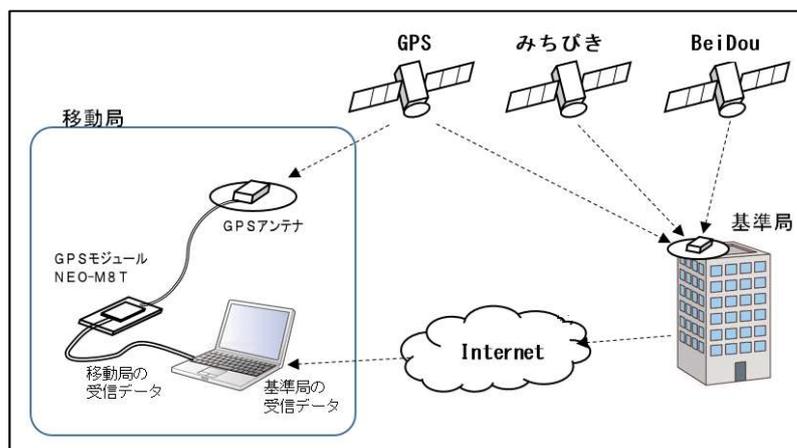


図-2 システム構成図

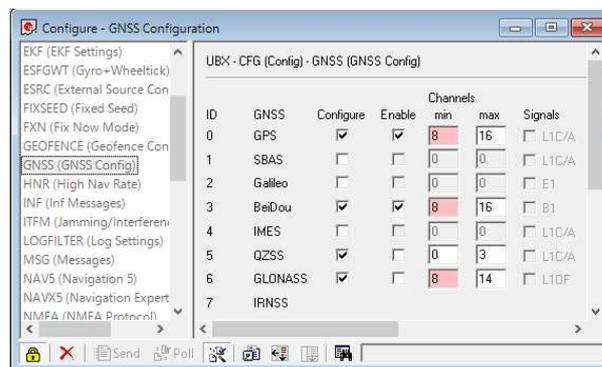


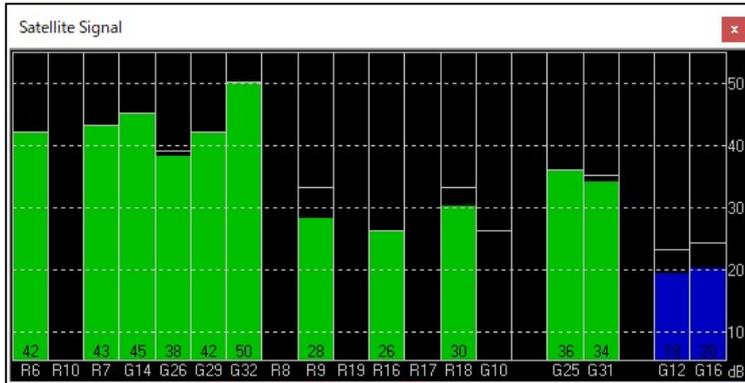
図-3 u-center の設定画面

る。図-3に u-center の設定画面を示す。左側の設定一覧の中から GNSS を選択し、使用する衛星を決定する。図では、米国の GPS、中国の BeiDou、日本の QZSS、ロシアの GRLONASS を選択している。以上の設定で NEO-M8T は衛星からの信号を受信して測位可能な状態となった。

(2) 測位結果について

設定が完了すると u-center は GPS 単独測位を開始し、緯度・経度・高度などが表示される。棒グラフの一本が現在受信している衛星の受信状態 (SN 比) を示している。(図-4)

緯度及び経度の数値を表-1 に示す。単独測位であるため小数点以下 4 桁までは変化ないが 5 桁以下の数値は変動が著しく安定していないことがわかる。



No	経度	緯度
1	136.95619717	35.40603433
2	136.95620000	35.40603717
3	136.95619967	35.40604017
4	136.95619668	35.40604183
5	136.95619483	35.40604917
6	136.95619517	35.40605250
7	136.95619900	35.40605700
8	136.95619987	35.40606417
9	136.95618333	35.40605150
10	136.95618300	35.40605183

図-4 u-center による単独測位の結果

「G」は米国の GPS 衛星、「R」はロシアの GLONASS 衛星を示している

表-1 緯度・経度の変化

6. RTKNAVI を使った RTK 単独測位

RTKNAVI は、パソコン上で RTK 測位を可能にしてくれるソフトウェアである。

図-5 は、RTKNAVI による測位画面である。右側上段の棒グラフは移動局で受信している衛星の SN 比、下段は基準局で受信している衛星の SN 比である。合計で 33 の衛星からの信号を受信しておりそれぞれのデータに基づいて測位を行う。RTK 測位の精度を比較するために単独測位と比較してみた。

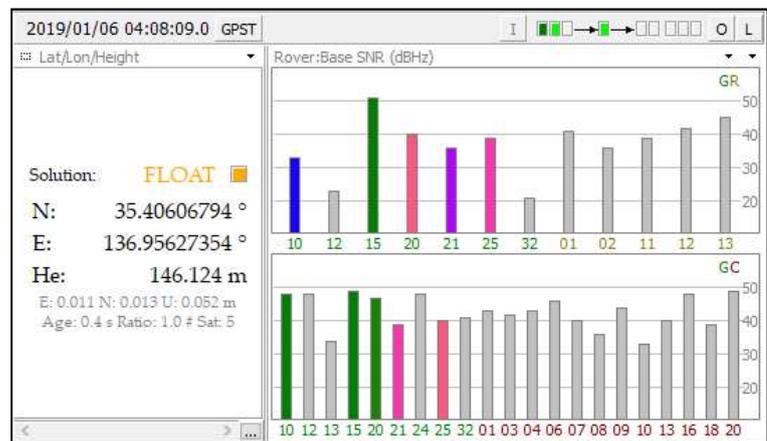


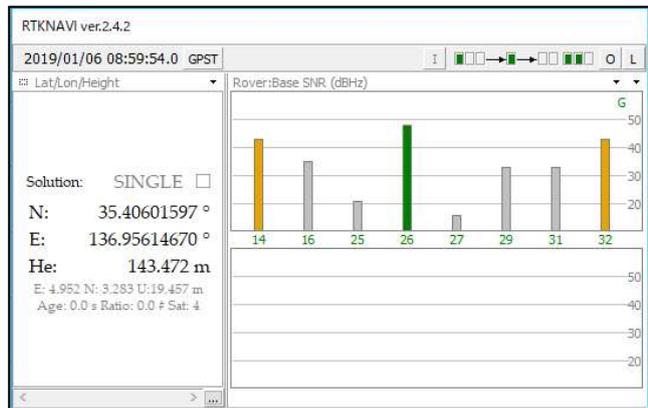
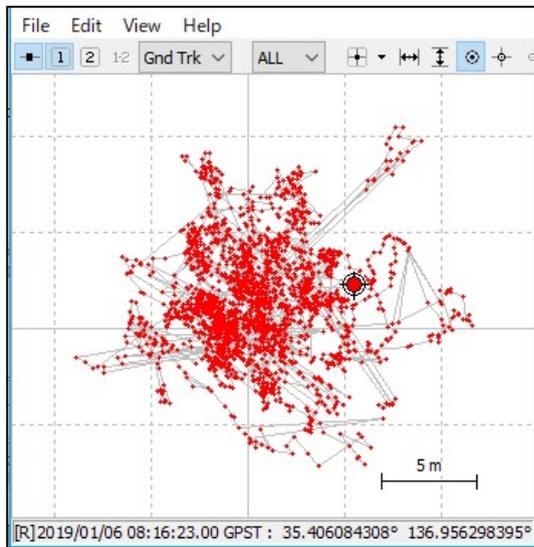
図-5 設定が完了して RTK 測位を開始した時の RTKRIB の画像

(1) 測定結果

図-6 から図-9 は、移動局のみの単独

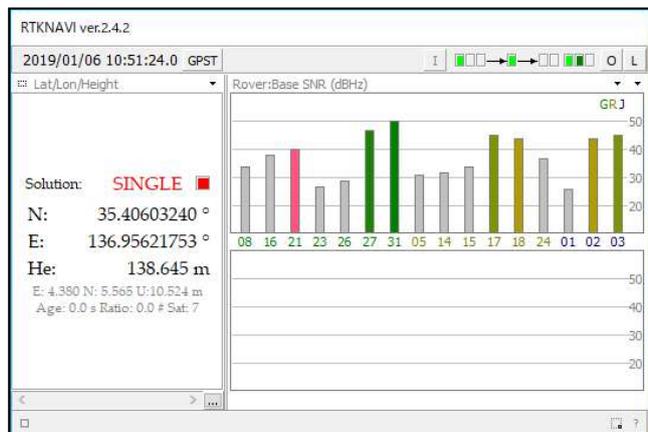
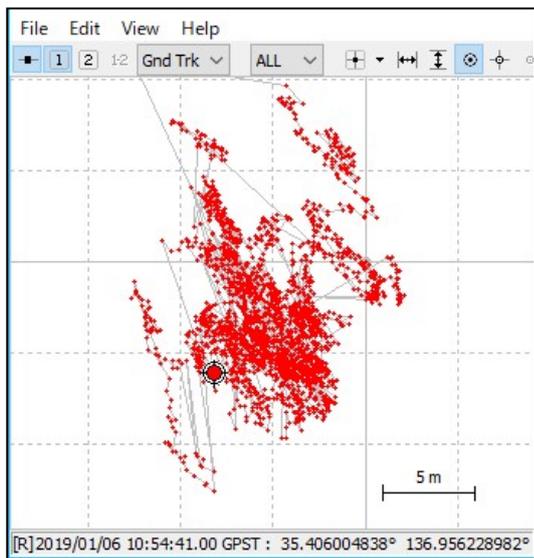
測位の結果をしてしている。定点で約 1 時間プロットした図である。図-6 は、米国の GPS 衛星のみによる測位結果で、受信している衛星は 8 機で測定で使える衛星は 3 機のみであった。(図-7) 受信できる衛星数と受信レベルは時々刻々変化するため測定精度も大きく変化する。これによると測定点は約 15 メートル四方に分散している。

また図-8 は、衛星を米国の GPS に加えロシアの GRONASS 衛星を利用した GNSS 測位のプロット図である。受信衛星数は 16 機で利用可能な衛星数が 6 機に増えたが (図-9) 両者を比較するとあまり期待したような精度は得られなかった。



↑ 図-7 GPS衛星のみのSN比
受信衛星は8機だが利用できる衛星は3機

← 図-6 GPS衛星のみのプロット図
15メートル四方に分散している



↑ 図-9 GPS衛星とGLONASS衛星のSN比
受信衛星は16機だが利用できる衛星は6機

← 図-8 GPS衛星とGLONASS衛星のプロット図
GNSS測位であったが精度に変化はなかった

両者とも10メートル四方に集中しているが、誤差が10メートルでは利用価値はなさそうである。

(2) トレースをしてみた

移動局で測位ができる事が確認できたので、学校周辺を移動しながらトレースをしてみた。その結果を図-10に示す。定点測位では10メートルの誤差があったので結果は期待していなかったが、比較的正確にトレースできた。

7. RTKNAVI を使った RTK 測位

RTKNAVI を使用するために次の3つのステップを順番に実行する。

(1) 入力ソースの設定

RTKNAVI が必要とするデータのソースを指定する。NEO-M8P は、USB ポートに接続されているので先に u-center による設定を行った際に、すでに COM5 ポートと



図-10 トレース結果

してパソコンに認識されているので、そのポート番号を指定する。

RTKに必要な「基準局」のデータは、ネットワーク経由で取得する。1センチメートル測位を実現させるためには、移動局に近い位置に基準局を設置する必要がある。後で記述するが、校内に基準局の設置を試みたが成功しなかったため、とりあえず既設の基準局を利用させていただいた。全国には「善意の基準局」と言われている37ヶ所の基準局がある。そのなかで最も学校に近い位置にいたる東浦の基準局からのデータを受信してRTK測位を実行した。

基準局からのデータはインターネット経由で取得するためサーバのIPアドレスやポート番号など公開されているパラメータを設定する。(図-11)

(2) 測位モードの設定

続いてRTK測位に必要な情報を設定する。詳細は割愛するが、3か所の設定に関して説明をする。一つ目は、利用する衛星に関する設定である。誤差が大きくなる低緯度の衛星は使用しないよう仰角を15度とし(図-12)、SN比の閾値を40デシベルとし受信信号にノイズの多い40デシベル以下の衛星を使用しないようにする。(図-13)更に基準局の緯度、経度、高度などの位置情報を入力する。

(図-12)

これで移動局と基準局の設定は完了し、RTK測位の準備が整った。

(3) RTK測位の方法と結果

精密測位を実現させるには、基準局の役割が要となる。移動局の場所は3号館屋上(東経136.911858

図-12(下) RTKNAVIの動作モードの設定画面

利用する衛星の範囲などを設定する

図-13(右) RTKNAVIのオプション設定画面

基準局の緯度、経度、高度を設定する

図-14(右下) RTKNAVIの入力ソース設定画面

利用する衛星のSN比の閾値を設定する

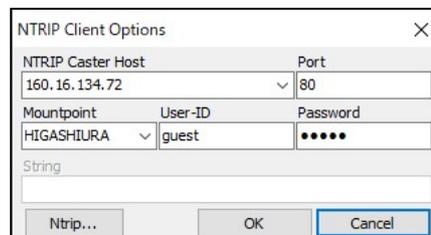
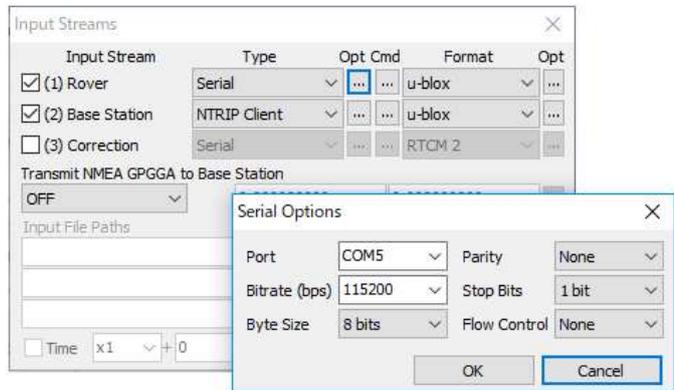
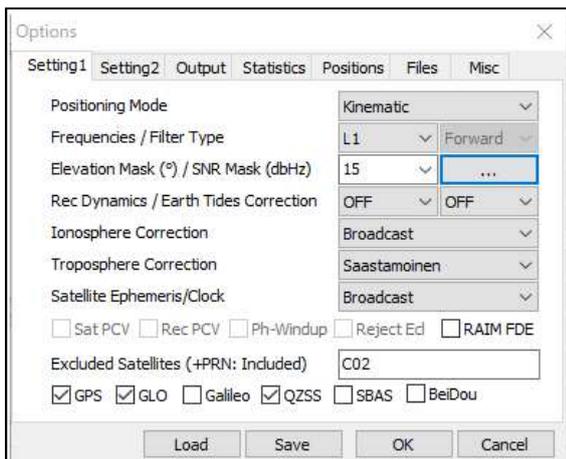
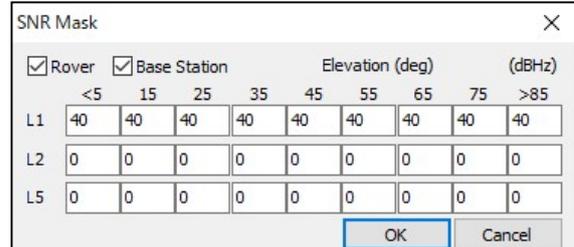
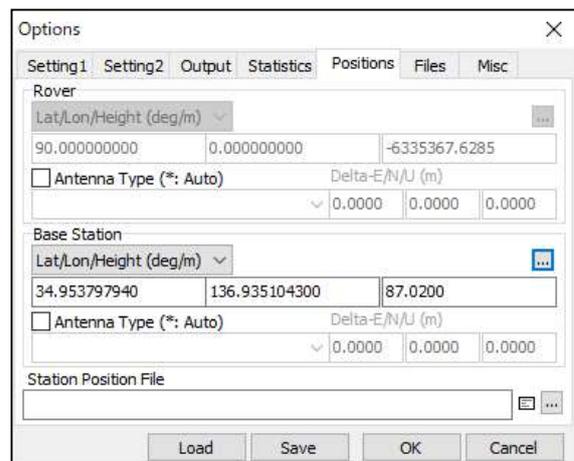


図-11 RTKNAVIの入力ソース設定画面

移動局はRover 基準局はBase Stationとなっている



度、北緯 35.1208853 度)、基準局の位置は知多郡東浦 (東経 136.9351043 度、北緯 34.95379794 度) の位置にあり 3 号館からの距離は約 18 キロメートルである。

前項にも記したが、本研究の目的でもある 1 センチメートル精密測位にはもっと近い位置に基準局を設けなければならない。そのために校内に基準局 (マイ基準局) の設置を試みたが、校内の基準局からはデータを受信することはできなかった。よってマイ基準局の設置は後回しにして、東浦の基準局を利用して単独測位との精度の比較を行った。

測定結果は図-15 と図-16 に示す。図-15 は移動局のみの GNSS による単独測位のプロット図である。衛星からの信号は時々刻々変化しており測位結果は安定していない。1 回の測定時間は約 1 時間で、それを何度も繰り返し比較的良好的な結果をサンプルとしたが、それでも 15 メートルの誤差が生じている。

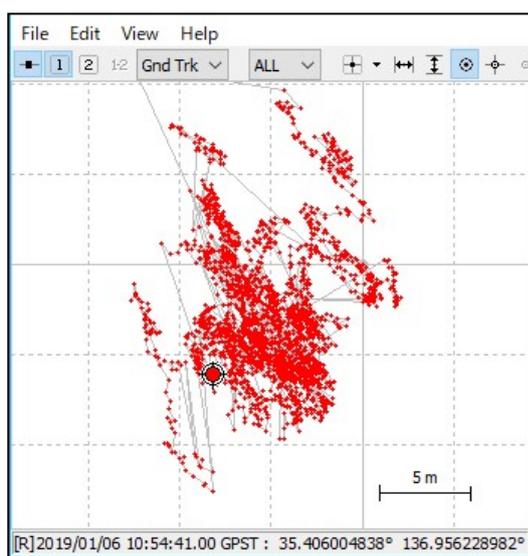


図-15 RTKNAVI の単独測位の結果
15 メートルの誤差がある

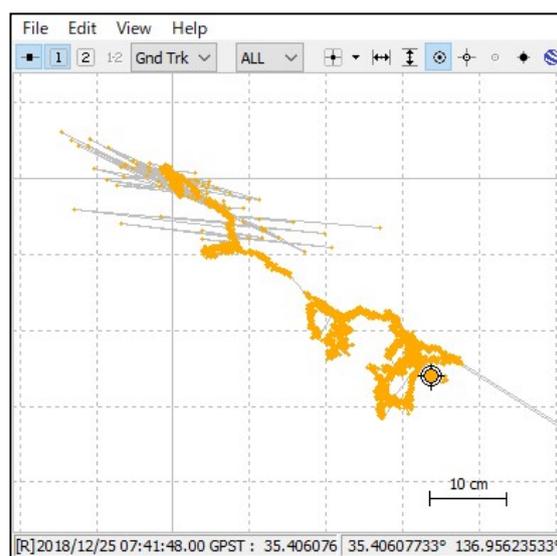


図-16 RTKNAVI の精密測位の結果
振れ幅が 40 センチメートルに改善されている

このような精度では、無人車両の自動運転には利用できない。

一方、精密測位 (図-15) では誤差が 40 センチメートルとなり大幅に精度が上がっている。遠方の基準局を利用しながら測位精度を上げるためには、衛星からの受信状態を極力良好なものにする必要があり、そのためには 360 度見渡せる場所に移動局を設置することである。

この計測では、インターネットを利用することが前提となっているが、授業時間内に校内のネットワークを利用しての測定で問題点が生じた。それは基準局からの信号が受信できずネットワークエラーと表示されてしまうことだった。

はじめは、私たちの設定に問題があると思い、いろいろ検討をしたが設定の問題は見つからなかった。そこで、テザリングで試したところ問題を解決することができた。おそらくファイアウォールで信号がブロックされていたのではないかと推測される。

8. マイ基準局の開設に向けて

ここまでの実験の結果、基準局が遠方であっても測位精度が著しく向上することが確認できた。一方で、1 センチメートル測位の難しさも理解した。学校内に基準局を開設することができれば、測位解を得る時間も短縮でき測位精度や安定性の向上も期待できる。

私たちは、次の取組みとして学校内に基準局の設置をして、その上で測位精度にどの程度影響が現れ

るかを確認しようとした。

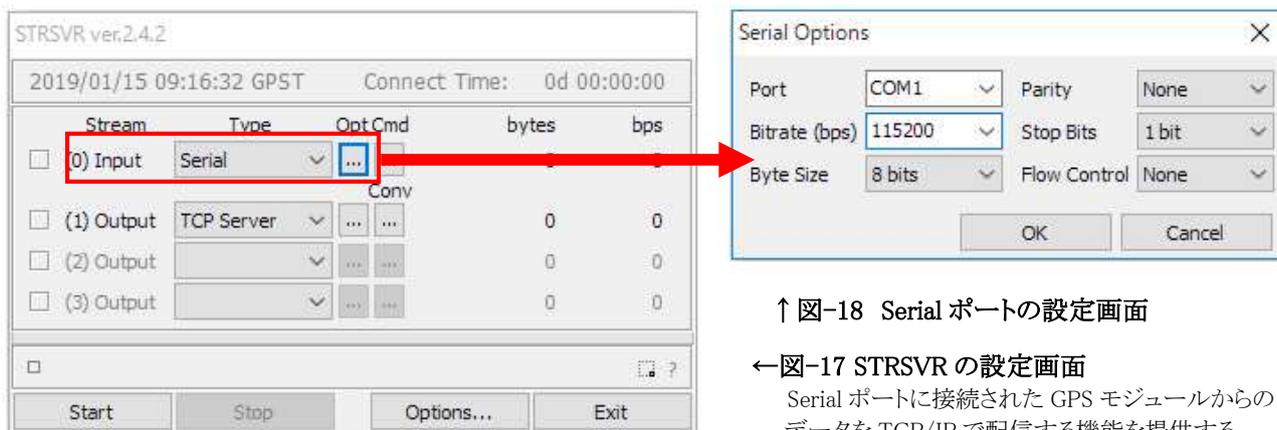
(1) STRSVR による基準局の開設

2 台目の GPS モジュール [NEO-M8T] を基準局用に準備して基準局用のパソコンと接続をする。このパソコンに移動局でも利用した RTKLIB をコピーしておく。この RTKLIB [RTK Library] に含まれる STRSVR [Satellite Server] を起動すると入出力ポートの設定画面が表示される。(図-17)

STRSVR は、シリアルポートに接続された GPS モジュールから送られてくるデータを IP ネットワーク上に配信する機能を持っており、移動局はこの補正データを使って精密測位をおこなう。

Input は、Serial を選択して Option 画面では、GPS モジュールが接続されているポート番号など必要事項を選択する。(図-18)

Output は、TCP Server を選択し、Option 画面で必要事項を設定すれば基準局用パソコンは設定完了。



↑ 図-18 Serial ポートの設定画面

← 図-17 STRSVR の設定画面

Serial ポートに接続された GPS モジュールからのデータを TCP/IP で配信する機能を提供する

それぞれの配置は、基準局は 3 号館屋上に設置し学内のネットワークに接続をした。移動局も 3 号館屋上に設置して、衛星からの信号と基準局からのデータを受信できる状態にした。(図-19)

しかし、ネットワークエラーとなり基準局からのデータを受信できなかった。ネットワークが問題の原因かとも思ったが、今回はファイアウォールを跨いでいないので信号がブロックされることはないの、基準局の設定に問題があると思われた。そこで、参考書を見ながら設定の確認をしたがこの問題を解決することができなかった。

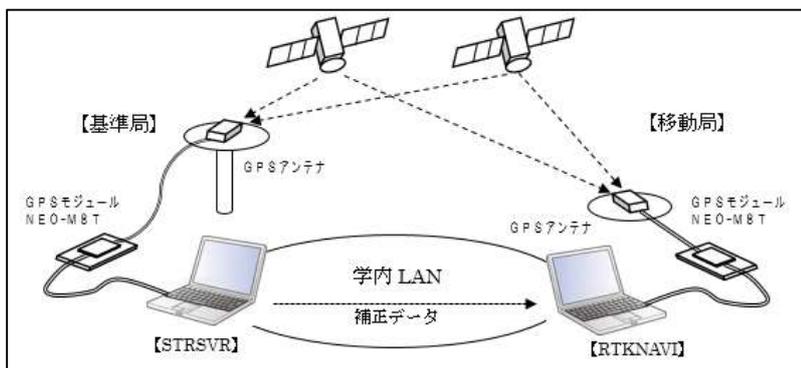


図-19 マイ基準局の設置構成図

3 号館内にマイ基準局を設置して精密測位を試みたが基準局からのデータを得ることができなかった。



写真-2 3 号館屋上での測定の様子

9. まとめ

本研究では、RTK-GPS での測位がどの程度精密なのかを検証することを第 1 の目的として取組んでき

たが、はじめに担当教員から与えられたものは、GPS モジュールとトランジスタ技術 2018 年 1 月号の特集記事だけであった。私たちはまず RTK-GPS について理解する必要があったが、参考書籍を読み進めながら少しずつ理解を深めていった。

移動局や基準局の開設にあたっては、手探り状態が続きなかなか渉らなかった。苦戦する場面が多くつまづく事が多々あったが、全員で協力して問題を解決していき、実際に GPS の測定データが出たときには達成感を得ることができた。

この研究では、測定時間よりも問題解決のために悩む時間のほうが多かったが、ある程度目標を達成できたと感じるところまでこれた。

ただ、1センチメートル測位を実現させるためにはマイ基準局の開設は必須であるので、次年度の卒業研究では是非実現させてほしい。

参考文献

トランジスタ技術 2018 年 1 月号

Web サイト

<http://usoinfo.if.land.to/>

https://qiita.com/m_take/items/06892a8e25aa577e8455

<http://www.nda.ac.jp/~nami/research/pdf/CGSIC2001.pdf>

<https://blog.goo.ne.jp/osqzss/e/a43cd4c7b9a763db9bc25853e09b31c0>

<http://rtk.silentsystem.jp/>

簡易トイ・ロボットの製作

機械・CAD系学科
三橋幹宏

1. 緒言

これまでミニチュアロボットについて研修を行ったが量産できる状態ではなく、今まで製作したものを小さくしただけであった。また、遊ぶこと、作ることにってはまったく考慮していないものであった。

この研修では、前回製作したロボットの問題点を改善し、作ることから楽しむことのできる、簡易トイ・ロボット（以降トイ・ロボット）の設計から製作結果までを報告するものである。

2. ミニチュアロボットの問題点

前回のミニチュアロボットは、アルミの廃材利用から始まり写真 2-1 のような形となった。



写真 2-1 ミニチュアロボット

その結果

○アルミ材を多用したため、見た目以上に重くなってしまった。また、ギヤボックスもアルミ材で製作したため、タイヤ駆動用シャフトとの摩擦が大きくなり、その結果、ロボットの動きを鈍くすることとなった。

○大きさを優先させたため、電池交換を考慮せずに電池BOXの位置を決めてしまい、そのままでは交換できなくなってしまった。（基板を取り外せば交換可能）

○ミニチュア化を意識しすぎ、まともな後輪が取り付けられなかった。

以上の点を考慮してトイ・ロボットの製作を行う。

3. 参考としたトイ・ロボット

○MICROPETS (TOMY)

手のひらサイズで電池を内蔵して、言葉(音)を聞き分けて行動する世界で一番小さい(ギネス認定)ペットロボットである。本体の中のコイルで上下動を発生させて、車輪を動かしているようである。



写真 3-1 MICROPETS

○ワクチン君 (スリーディ)

手のひらサイズでセンサーを6個持っている。ライントレース、相撲等、プログラムを行えば様々な動きをさせる事が出来る。またキットを購入すれば自分で



写真 3-2 ワクチン君

作ることが可能となる。駆動源は携帯電話などに使用されている小型モータである。

トイ・ロボットとは価格が手ごろで、購入後すぐに遊べるものとする。これを踏まえた上で計画を立てた。

4. 計画

これまでトイ・ロボットのイメージとしては、すでに完成していて、簡単なプログラムや音声などによって動きに変化をつけて楽しむものと考えていた。しかし以前実施したロボット製作教室では動きは変えられないものの、部品一つ一つを組み立ててロボットを完成させる工程が楽しいようで、小学生が楽しみながら遊んでいる姿がとても印象的であった。

今回、製作するトイ・ロボットは市販のもののように完成されたもので動きだけを楽しむものではなく、ロボット本体と制御回路の両方が組立てられて、しかも手のひらサイズの大きさで従来のものより、製作コストが掛からないように計画した。

4.1 部品レイアウト

まず始めに、電池の交換が容易にできる形状を考えて設計した。図 4-1 が電池BOXとモータ、そして制御回路をレイアウトしたロボットである。コンパクトさを追及したトイ・ロボットの基本型となる。進行方向左とし前面に基板を立て、背面に単5電池2本用BOXを配置してある。

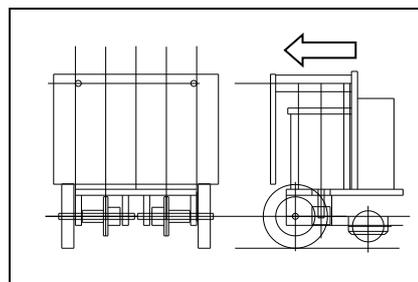


図 4-1 トイ・ロボット基本型

図 4-1 の形状は、以前製作したミニチュアロボット(図 4-2)を基本として部品レイアウトを行ったものである。

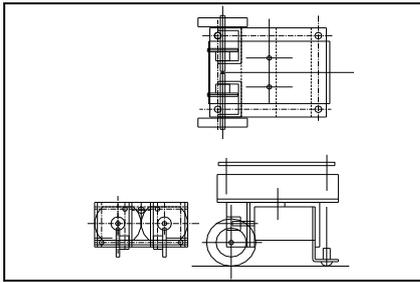


図 4-2 ミニチュアロボット

5. 設計

基本レイアウトをもとに、基板の設計・製作を行い、これに合わせてロボット本体の設計・製作を行った。

5.1 基板の設計

写真 5-1 の左側はロボット製作教室等で使用したロボット本体と制御回路が一つにまとまっている基板である。(サイズ縦 100mm、横 70mm) この基板ではコンパクトさにかけるため、回路の組み直しをした。

基板製作は今まで専門業者に依頼していたが、今回の基板は学校で製作できるようにした。(写真 5-1 右側、サイズ縦 36mm、横 53mm) 製作手順は以下の通りである。

CADにて回路図を作成 ⇒ CADデータをCAM専用のプログラムに取込む ⇒ 専用加工機(CAMM3)にて基板を製作。

5.2 基板製作

製作に使用した基板は片面が全て銅箔で覆われているものである。一般的には薬品を使用して、配線以外の銅箔部分を溶かすエッチング処理を行うが時間と手間が掛かるため、加工機を使用して余分な部分を削りだし、回路を作り込む方法を採用した。

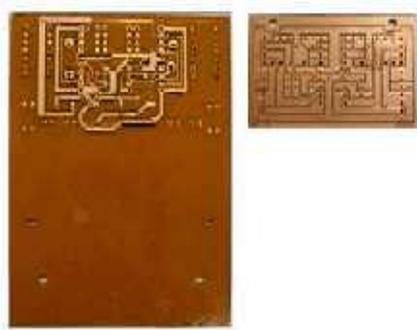


写真 5-1 新旧基板比較

写真 5-2 が量産型玩具・ロボット用基板である(原寸大)。市販されている片面銅箔基板から4枚取ることができる。

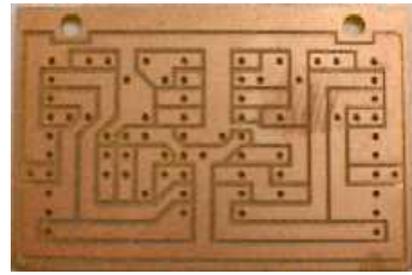


写真 5-2 トイ・ロボット用基板(原寸大)

5.3 制御回路基板製作

使用する電子部品はミニチュアロボットとまったく同じものである。大半のものが問題なく半田付けできたが、モータドライバ IC だけが電子部品のレイアウトの都合で、他の部品と反対側に取り付けなければならないため半田付けが大変であった。写真 5-3 が完成した制御回路基板である。

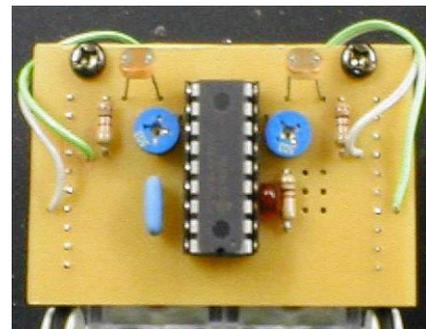


写真 5-3 制御回路基板

5.4 本体設計

図 4-1 のレイアウトを基本として、本体は加工が容易で軽量化が図れるアクリルプレートを採用した。また、本体の組立ては接着剤を使用せず、組み木細工を応用した作りこみにして、量産型の玩具・ロボット本体を設計した。

5.5 量産型 1 号機

図 5-1 は 1 号機の計画図である。本体は 8 パーツで構成し、駆動輪をカバーしながらギヤの移動防止を目的としたバンパーが特徴的である。

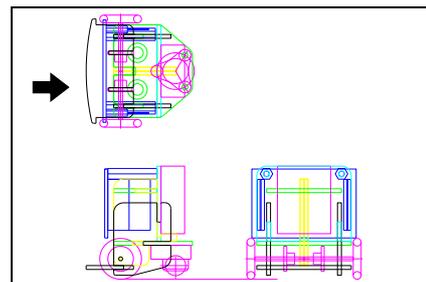


図 5-1 量産型 1 号機

5.6 量産型 2 号機

2号機では部品点数を減らし、全体のバランスを考えて、1号機で付けていたバンパー（ギヤ移動防止用）を無くした。ギヤ移動防止はモータ固定用プレートにその役割をさせた。

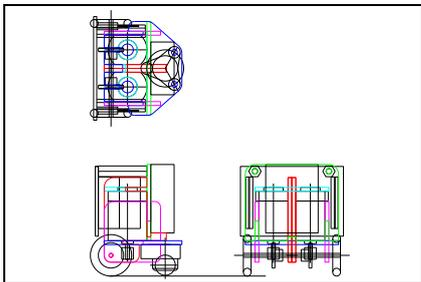


図 5-2 量産型 2 号機

加工時間と組み上がりを確認するため、このタイプの本体で初めて加工を実施した。

写真 5-4、5-5 は加工時間と仕上がり寸法および組み上がりを確認するために試作したロボット本体である。



写真 5-4 ロボット本体試作品

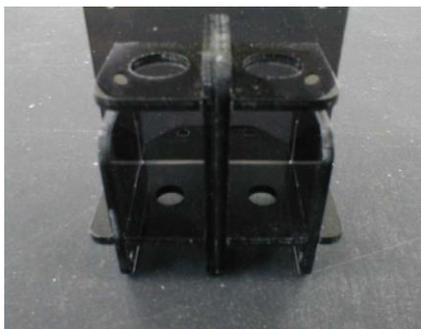


写真 5-5 試作品正面

加工時間は約 1 時間であった。部品はイメージ通りに仕上がり、問題なく組立てることができた。（ギヤ移動防止用の溝なし）この結果を元に 2 号機の製作を行った。

写真 5-6 が 2 号機の本体である。写真 5-7 は溝（矢印部分）を付けた本体である。

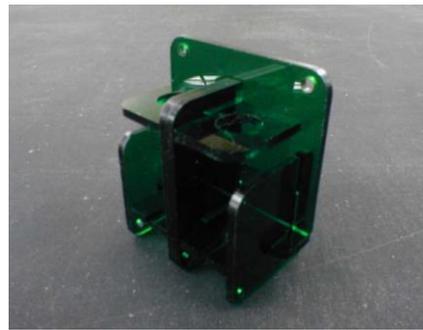


写真 5-6 2 号機本体

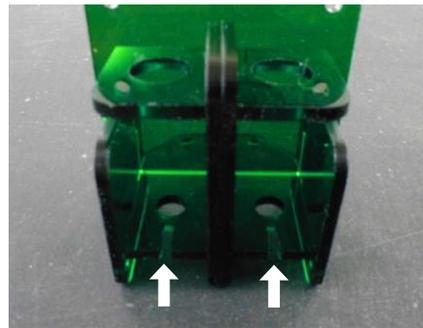


写真 5-7 2 号機正面

モータ、電池 BOX、基板等を取付けて動作確認を行ったが単 5 電池（今までは単 3 電池）に変えたため、電流の容量不足で回路とモータ（負荷をかけなければなんとか動く）を動かすことができなかった。このままの回路で容量不足を解消し、なおかつ小型化にこだわるため単 4 電池に変更して動作確認を行った。ロボットは動きだし、光に対しての反応もまずまずであった。

このまま単 4 の電池 BOX を取付けて「完成」としてもよかったが、全体のバランスが悪くなったため、2 号機の改良を行った。

5.7 量産型 2 号機改良型

図 5-3 が 2 号機を改良したものである。電池 BOX は縦置きだったものを横置きにして、本体の細部を調整した。出来上がったロボットはサイコロのようなイメージとなった。

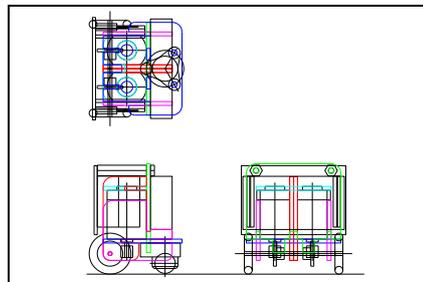


図 5-3 2 号機改良型

これを玩具・ロボットの最終形状として、本体の加工を行った。

6. 本体製作

最終形状のロボットとなるため、計画から製作までの流れを一つの図面データで行った。はじめに2次元CADで計画図を作成させる。そのデータを3次元CADで読み取り、組み立てシミュレーションを実施。最後に専用加工機にデータを読み取らせて本体の加工を行い、他の部品と組み合わせて完成となる。

以下に加工手順を示す。

- ① 2次元CAD (AutoCAD) にて組立図を作成する。
部品ごとにデータを修正できるよう、レイヤ毎に分けた。下図は部品 (レイヤ) ごとに表示したものと、全てを同時に表示したものである。これにより部品の修正と編集が行いやすくなった。

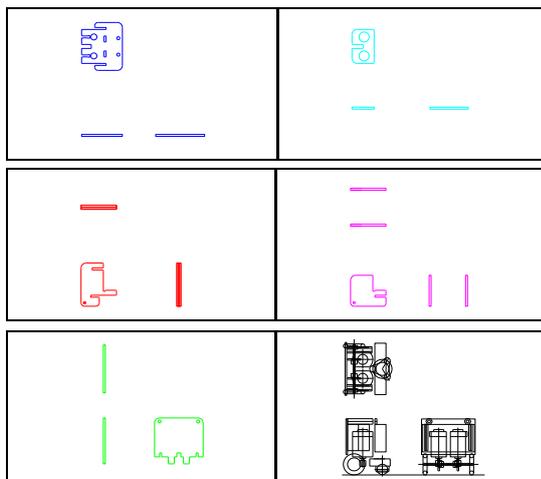


図 6-1 レイヤごとに分けた部品と組立図

- ② 部品データ (2次元CADデータ) をもとにSOLIDWORKSで各部品を作成し、加工する前に部品同士の不具合がないかをチェック。(図6-2)

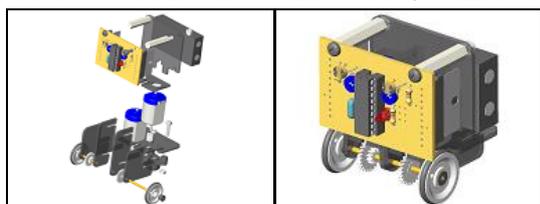


図 6-2 不具合の確認

- ③ 組合せに問題がなければ、その2DCADデータを、専用加工機で加工しやすいようにレイアウトし直す。

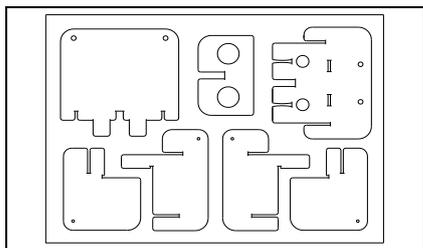


図 6-3 加工用レイアウト

- ④ 専用加工機にデータを送り加工を行う。(加工は約1時間)

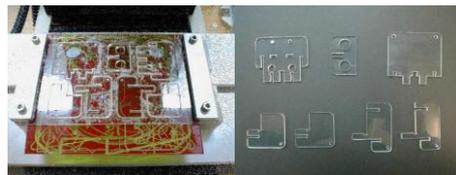


写真 6-1 完成した本体部品

- ⑤ モータ、基板、車輪、歯車、電池BOXと加工した本体を組み合わせて完成となる。

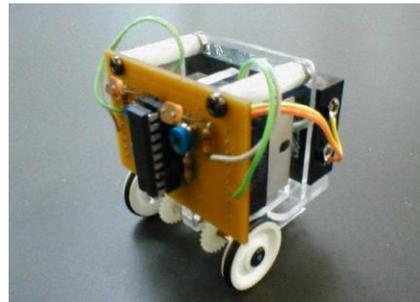


写真 6-2 完成したトイ・ロボット



写真 6-3 大きさ比較

7. まとめ

- 完成したロボットは、光センサーの感度にムラがあり安定した走行が得られなかった。
- 動きは早過ぎず遅過ぎず丁度よかった。
- 制御回路製作を見直すと、モータドライバICの半田付けだけがしにくかったので今後の検討課題である。
- 本体の組立てにはちょっとしたコツが必要で、他人に作らせるのであれば組立てマニュアルが必要となる。以上の点を改善し、今後は外装を製作して、見栄えのするトイ・ロボットを完成させたい。

○参考 (URL)

<http://www.tomy.co.jp/micro-pets/>: MICRO PETS

<http://www.3dweb.co.jp/vaccan.html>: ワクチン君

<http://www.asahi-net.or.jp/~qx5k-iskw/develop/bunkai/upets.html>: 分解くんマイクロペット編

専門学校 職業実践専門課程における 企業連携科目（デュアルシステム）導入の成果と課題

日本電子専門学校 古賀 稔邦

要旨：2014年度より新たに創設された専門学校（専修学校専門課程）の職業実践専門課程では、企業と連携した実習・演習（デュアルシステム）を導入することが認定要件のひとつとなっている。この企業連携科目は、企業内で行うインターンシップや専門学校内に企業から講師を招いて行う学校内実習など、学校毎に様々な形態で実施されている。

本節では、先ずこの職業実践専門課程の制度的な概要や現在の認定状況などを解説する。次に、企業連携科目を実施場所と内容・評価の主体といった観点で4つに分類し、それぞれについてCG、Webデザイン、情報ビジネス、服飾の具体的な事例を紹介する。最後に、それらの成果と課題について述べる。

1. 職業実践専門課程について

専修学校は、1976年学校教育法の一部改訂によって制度化された教育機関である。一般課程、高等課程、専門課程の3つの課程があり、それぞれ入学要件等が定められている。専門学校とは、この専修学校の専門課程を設置している教育機関を示す名称である。

2011年1月中央教育審議会答申「今後の学校におけるキャリア教育・職業教育の在り方について」において、職業教育の重要性を踏まえた高等教育を展開していくことが必要であると示された。これを受けて文部科学省に設置された「専修学校の質の保証・向上に関する調査研究協力者会議」で、専修学校の専門課程における先の答申の趣旨をいかした先導的試行が検討された。そこでは、企業等と連携して実践的な職業教育を組織的に取り組む専門課程を、文部科学大臣が「職業実践専門課程」として認定し、奨励する仕組みづくりを行うことが必要であると結論づけた。

職業実践専門課程の目的および認定要件について、文部科学省告示第133号に次の様に示されている。

1) 目的

職業に必要な実践的かつ専門的な能力を育成することを目的として専攻分野における実務に関する知識、技術及び技能について組織的な教育を行うもの（以下「職業実践専門課程」という。）を文部科学大臣が認定して奨励することにより、専修学校専門課程における職業教育の水準の維持向上を図ることを目的とする。

専修学校の目的は「職業若しくは実際生活に必要な能力を育成し、又は教養の向上を図る」となっているため、教育内容は「職業」「実際生活に必要な能力」「教養」である。職業実践専門課程では、教育内容を「職業」に限定し所定の認定要件を満たした課程を文部科学大臣が認定することによって、「職業教育の水準の維持向上を図る」ことを目的としている。

2) 認定要件

文部科学大臣は、専修学校専門課程であって、次に掲げる要件に該当すると認められるものを、職業実践専門課程として認定することができる。

1. 修業年限が二年以上であること。
2. 専攻分野に関する企業、団体等（以下「企業等」という。）との連携体制を確保して、授業科目の開設その他の教育課程の編成を行っていること。
3. 企業等と連携して、実習、実技、実験又は演習の授業を行っていること。
4. 全課程の修了に必要な総時間数が1700単位時間（単位制による学科場合：62単位）以上であること。
5. 企業等と連携して、教員に対し、専攻分野における実務に関する研修を組織的にを行っていること。
6. 学校教育法施行規則第百八十九条において準用する同規則第六十七条に定める評価を行い、その結果を公表していること。
7. 前号の評価を行うに当たっては、当該専修学校の関係者として企業等の役員又は職員を参画させていること。
8. 企業等との連携及び協力の推進に資するため、企業等に対し、当該専修学校の教育活動その他の学校運営の状況に関する情報を提供していること。

認定要件の1および4は、専門士の称号が得られる修業年限と総時間数に合わせたものとなっている。

2は、「教育課程編成委員会」に関するものである。企業等と密接かつ組織的に連携して授業科目等の開設や教育課程の編成を行うために、課程毎に教育課程編成委員会を設けなければならない。この委員会は、企業および業界団体からそれぞれ最低1名以上の委員により構成する。

3は、職業実践専門課程の主軸である企業と連携した実習・演習に関するものである。企業との連携科目であることを定義するために、企業との協定書等を締結することが求められている。企業連携科目は、企業内など校外で行われる実習と、企業から講師を招いて校内で行われる実習・演習がある。それぞれについて、認定申請時には、以下の様な項目（「職業実践専門課程」の創設について（平成25年7月1日）より）が求められている。

<校外で実施される実習の場合>

- * 連携による実習の基本方針（連携の協定書等を含む）
- * 連携先の概要（施設名、施設概要等）
- * 実習計画概要（概要、内容、期間、学習量、教員と企業等の指導者の連携体制）
- * 学修成果の評価（評価方法の概要、教員と企業等の指導者との連携による評価方法、単位認定方法等）等

<校内で実施される実習・演習等の場合>

- * 連携による実習・演習等の基本方針（連携の協定書等を含む）
- * 授業科目概要（概要、内容、期間、学習量、教員と企業等の指導者の連携体制）
- * 学修成果の評価（評価方法の概要、教員と企業等の指導者との連携による評価方法、単位認定方法等）等

この企業連携科目は、必須科目として学生全員が受講することになっている。教育課程の総時間に占める割合や時間数については、分野毎に異なる特性があることから、定量的な基準は設けられていない。

5は、企業と連携した教員の研修に関するもので、教員の実務卓越性の維持を目的としたものである。これも、教員が企業内で実務を行うOJT形式のものや研修企業が行っている研修に参加する形式のもの等があ

る。

また、実務卓越性に関する研修に加えて、授業や学生に対する指導力向上に関する研修も求められている。これらは各学校の研修規程に則って行われる。

6と7は、自己評価と学校関係者評価に関するものである。専修学校は、平成25年3月に文部科学省が策定した『専修学校における学校評価ガイドライン』を踏まえて、「自己評価」および「学校関係者評価」を実施し公表することが求められており、職業実践専門課程では認定要件となった。

学校関係者評価の委員は、企業、業界団体、高等学校、地域住民、卒業生、保護者、在校生などによって構成される。

8は、情報公開に関するものである。職業実践専門課程に認定された学科は、各学校のWebサイトより、文部科学省指定の「職業実践専門課程の基本情報について【職業実践専門課程認定後の公表様式】」の書式を用いて基本情報を公開しなければならない。貸借対照表や資金収支報告書などの財務状況も合せて公開することとなった。これにより、専門学校の透明性がある程度図られた。

3) 認定状況

平成26年度よりスタートした職業実践専門課程は、平成25年度以降毎年申請が受け付けられ、平成29年度までの認定状況は、表の通りである。

表1-1 職業実践専門課程の認定状況

年度	学校数	学科数
平成25年度	472	1,373
平成26年度	295	677
平成27年度	272	501
平成28年度	150	240
平成29年度	94	152
合計	954 (33.8%)	2,885 (38.9%)

平成30年2月27日文部科学省公表による

認定学校数、学科数ともに初年度が最も多く、年度を追う毎に漸次減少している傾向である。合計のカッコ内数字は、平成29年度学校基本統計における全専門学校数(2,822校)、修業年限2年以上の全学科数(8,849学科)に占める割合を示している。

認定課程の分野別の割合は、表1-2の通りである。

表1-2 平成29年度累計分野別認定状況

分野	工業	農業	医療	衛生	教育社会 福祉	商業 実務	服飾 家政	文化 教養	計
合計	638 (48.6%)	13 (9.5%)	536 (28.8%)	271 (29.6%)	254 (37.3%)	533 (38.3%)	110 (18.6%)	530 (27.1%)	2885 (38.9%)

平成30年2月27日文部科学省公表による

平成29年度までの認定学科累計の分野別割合では、工業分野に占める割合が最も多く48.6%と工業分野総学科数の約半数が認定を受けている。工業分野の主な学科は、情報処理、自動車整備、土木・建築、電気・電子などである。

専門学校在籍学生が最も多い医療分野では、28.8%に留まっている。

2. 企業連携科目について

認定要件でも示した通り、職業実践専門課程の企業連携科目には、実施場所として企業内（校外で実施される実習）と学校内（校内で実施される実習・演習等）の2通りがある。また、科目の内容・評価の主体が、「学校側にある場合」と「企業側にある場合」の2通りが考えられる。これらを組み合わせると、企

表 2 - 1 企業連携科目の分類

		内容・評価の主体	
		学校側	企業側
実施場所	学校内	実習内容やシラバスは、学校側が作成。シラバスに沿った授業の中で、必要に応じて企業から講師を招き、指導にあたる。成績評価は学校が行う。	PBLなどで、企業からの課題にグループまたは個人で取り組む。適宜、企業からの指導を受け、課題の仕上がりに応じて、評価も企業が行う。
	企業内	学校側で計画した内容に応じて、職場見学や簡単な実務体験を企業内で行う。実施後のレポート課題等により学校が評価を行う。	企業内で実務を行う、所謂インターンシップ。勤務実績・態度や実施後のレポート課題等により、企業が評価を行う。

業連携科目を表 2 - 1 の様に、4通りに分類することができる。この分類に対応した事例を1)～4)に示す。

1) 日本電子専門学校 コンピュータグラフィックス科

実施場所：学校内 内容・評価の主体：学校側

【職業実践専門課程認定後の公表様式】から抜粋した学科概要

<p>■学科の目的 3DCG 作品の全工程の制作を担当できる技術と、デザイナーの感性、観察力、表現力を兼ね備えた、将来のCG制作業界を担うことのできるCGクリエイターの育成を目的とする。</p> <p>■分野：工業 課程名：工業専門課程</p> <p>■修業年限：2年、総授業時間数：1710 講義：360、演習：390、実習：960</p> <p>■就職状況：主な就職先、業界等 企業：株式会社ポリゴン・ピクチャーズ、株式会社カプコン 東映アニメーション株式会社、など 業界：CG業界</p>

企業連携科目：CGアニメーションⅡ

1年生の後期に、キャラクターのアニメーションについて、座学・実習を通して学修する科目である。歩く・走るなどの基本モーションを3DCG制作ソフトのアニメーション機能を用いて、手付け（自身の操作）により制作する。自然な動きのアニメーションが制作できるスキルを修得することにより、作品のクオリティアップを図る。

科目概要やシラバスは学科にて作成、学期中の実習15回の内3回はCG制作企業からプロのクリエイターを招いて実施している。手付けアニメーションの修得には鍛錬が必要であり、熟練者の作業に触れることは学生へのよい刺激になる。

2014年、株式会社ポリゴン・ピクチャーズのクリエイターによる3回の指導は、次の通りであった。

1回目：アニメーションについての講義と課題の提供（例：走り）

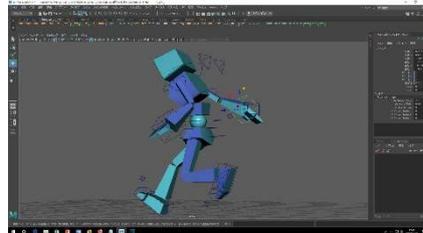
2回目：1回目に出された課題（数名分）を例にとり、その場でコツなどの指導と新たな課題を提供
（例：アクション）

3回目：2回目に出された課題（数名分）を例にとり、その場でコツなどの指導。

CG アニメーションに関する実践的な内容であった。成績評価は、制作したアニメーションの仕上がりに状況に応じて、教員が行った。



プロのクリエイターによる指導



CG制作ソフトによるアニメーション画面

写真提供 日本電子専門学校 コンピュータグラフィックス科

図2-1 CGアニメーション

2) 日本電子専門学校 Webデザイン科

実施場所：学校内 内容・評価の主体：企業側

【職業実践専門課程認定後の公表様式】から抜粋した学科概要

- 学科の目的 商用ホームページの制作において、プロジェクトを円滑に進めるためのコミュニケーションが図れ、依頼者の要望に応じたマーケティング・調査分析に基づく企画提案ができ、Web標準に準拠したマルチデバイスで利用者が心地よく閲覧できるサイトの表現や実装ができるWebクリエイターを育成する。
- 分野：工業 課程名：工業専門課程
- 修業年限：2年、総授業時間数：1710 講義：870、演習：0、実習：840
- 就職状況：主な就職先、業界等
企業：ヤフー株式会社、楽天株式会社、株式会社ドワンゴ、グリーン株式会社など
業界：Web制作

企業連携科目：進級制作

Web業界で活躍できるクリエイター育成のために、企業と連携した実習を行い、コミュニケーション能力、マーケティング・調査分析力、ディレクション力やWeb制作技術など、実践的能力を養うことを基本方針とする。複数のWeb制作企業から実案件を元にしたWebサイト制作の課題が示される。学生は、複数の課題のなかから一つを選択し、企画立案、モックアップ制作、Webサイト制作（実装）といった、企業で行われているワークフローに沿って制作を行う。企業からは、ワークフローのステップ毎に指導を受ける。

学校という環境のなかではあるが、制作の流れは企業内で行われているものと同様であり、制作現場の疑似体験ができる。制作物に対して、企業のクリエイターにより、業界標準レベルの評価がなされる。

2013年、株式会社コスメルの例では、物販サイトの制作の課題が企業から提示され、それを元に学生個々に企画を立案。自身の企画を企業に説明、各種の指摘を受け修正、企画承認後、モックアップ（試作品）の制作に移る。モックアップを企業に示し、再度各種の指摘を受け、実際のWebサイトの実装に移る。完成後、企業や他の学生の前でプレゼンテーションを行う。



企業から課題の説明

学生から企画の説明

モックアップの説明



学生の制作物

学科内プレゼンテーション

進級・卒業作品展

写真提供 日本電子専門学校 Web デザイン科

図 2 - 2 進級制作

作品は、進級・卒業作品展で展示され、同分野他校、保護者、入学予定の高校生、企業、など学内外の多くの人が来場する。

「企業から課題の説明」や「学生の企画の説明」を行う場合など、企業担当者と接触する場合は、学生はスーツを着用し、実際の業務で顧客と対応するシーンを想定して行われる。

3) 日本電子専門学校 情報ビジネスライセンス科

実施場所：企業内 内容・評価の主体：学校側

【職業実践専門課程認定後の公表様式】から抜粋した学科概要

- 学科の目的 「情報」「ビジネス」「ライセンス」の3つのアプローチを軸に、ICT（情報通信技術）の基礎やビジネスツールの活用スキル、Web技術やビジネス知識に加え、働く上での基礎となる社会人基礎力や文章力、キャリアデザイン力などを持った、幅広い業界・業種で活躍することができる人材を育成する。
- 分野：商業 課程名：商業実務専門課程
- 修業年限：2年、総授業時間数：1770 講義：810、演習：0、実習：960
- 就職状況等
 企業：サマンサタバサジャパンリミテッド、あさひ、レイズインターナショナル、二葉屋、SFPダイニング、トランスコスモス、協立情報通信
 業界：アパレル、外食、IT

企業連携科目：ビジネス最前線

企業の方による講演会や職場見学などを通して、最先端の業界ビジネスについての見聞を広げることを目的とする。2年間を通して定期的に企業を訪問したり、企業の方を招いた講演会を開催する。企業内での実施について、2017年7月に行った日本マイクロソフトの例を示す。

品川の本社到着後、日本マイクロソフト文教本部の方から当日のスケジュール、注意事項、誓約書の記入などのガイダンスが行われた。

その後、執行役員文教本部長からの特別講演「AI時代の Employability (Wearable/IoT/ML(Machine Learning))」が行われ、「働き方改革推進会社」「ICTと経済成長の強い相関」「ICTの普及による社会の変化」「2045年問題」「今後10年間でコンピュータが行うことになる職業例」などについて語られた。講演終

了後、最先端のマイクロソフト製品として、MR (Mixed Reality) 端末の「Microsoft HoloLens」やディスプレイ一体型端末「Surface Hub (サーフェス・ハブ)」などの説明を受けた。

オフィスツアーとして、フリーアドレス制(個人の固定机がない)のオフィス環境や様々な形態の会議室や設備などを見学した。実際にヘッドセットをつけてPC画面を見ながら遠隔地のメンバーとテレビ会議をしている様子を間近で見学した。



スケジュール等の説明

特別講演会

新製品の解説

写真提供 日本電子専門学校 情報ビジネスライセンス科

図 2-3 日本マイクロソフト訪問

短い時間ではあるが、先進的な職場環境の見学や講演により、学生等は自身の将来の仕事イメージすることができた。

この訪問について、レポート課題が課され、教員が評価を行う。

4) 中国デザイン専門学校 ファッションデザイン科

実施場所：企業内 内容・評価の主体：企業側

【職業実践専門課程認定後の公表様式】から抜粋した学科概要

■学科の目的 本校のファッションデザイン科は、教育基本法及び学校教育法の趣旨にのっとり、ファッションデザインに関する専門的学術を教授し、その技術を修得させると共に、教養を高め、広く社会に貢献できる人物の育成を目的とし、あわせて地方文化の向上に寄与しようとするものである。また、ファッションデザイン分野の職業に就く為に必要な実践的かつ専門的な能力を、本校独自の産学協同事業やインターンシップ等、企業等の連携を通じて育成することを目的とする。

■分野：服飾・家政、課程名：服飾専門課程

■修業年限：3年、修了に必要な総単位数：105単位、
選択科目を含む単位数の内訳 講義：25単位、演習：163単位、実習：37単位

■就職状況：主な就職先、業界等
企業：株式会社ネクサス、有限会社ウエルズ、有限会社ナップ、
シーユーピー株式会社、有限会社キャピタルほか
業界：ファッション、アパレル、デニムジーンズ関連、

企業連携科目：「インターンシップⅠ」「インターンシップⅡ」

7月～8月の夏休み期間中に、2年次「インターンシップⅠ」3年次「インターンシップⅡ」を実施している。インターシップの実施に先立って、4月～6月の時期に、各学生は自身がインターンシップで行いたい職種(企画、デザイン、製造・縫製など)を決め、その職種に合う実習先企業を第3希望まで選定する。この実習先企業は、中国デザイン専門学校と予めから連携している企業もあれば、全く新規の企業もある。学生が選定した企業に対して、インターンシップの受け入れが可能かの確認は学校側(教員)が行う。受入れ可能の確認が取れた企業に、学生が訪問しインターンシップ実施に関する詳細を決定する。このとき学生は、学校が作成したインターンシップ実施に関するマニュアルを活用し、決定事項の漏れ防止を図っている。企業によっては、自宅から通勤できない遠隔地もあり、宿泊の手配が必要な場合もある。

実習期間は、各企業の状況に応じて異なるが、概ね 5 日～10 日前後を設定している。実習内容も、それぞれの企業の実務により異なり、企画、デザイン、製造・縫製、接客など様々である。インターンシップ実施中は、毎日業務日誌を作成、修了時にはレポート課題を提出する。期間中最低 1 回は、教員も職場を訪れ状況を確認する。評価は、勤務実績・態度や業務日誌・レポート課題などをもとに、企業が行いそれを学校側が成績に反映させている。



企画書作成

製造・縫製

接客・店舗装飾

写真提供 中国デザイン専門学校 ファッションデザイン科

図 2-4 インターンシップ

中国デザイン専門学校では、企業連携を推し進める仕組みとして、「C to C System」(CHUGOKU DESIGN COLLEGE : 中国デザイン専門学校、COMPANY : 企業及び COMMUNITY : 地域) という企業との情報ネットワークを構成している。このシステムを通して、各種制作依頼、就業体験 (インターンシップ)、交流イベントの開催、就職ガイダンス (企業説明会) など、企業との密な連携が図られている。

3. 職業実践専門課程「企業連携科目」の成果と課題

1) 株式会社三菱総合研究所の実態調査より

職業実践専門課程の実態について、詳細にわたる調査が平成 28 年度文部科学省の委託事業として株式会社三菱総合研究所により行われ、平成 29 年 3 月『「職業実践専門課程」の実態等に関する調査研究』報告書がまとめられている。

この調査は、学科、在學生、卒業生、連携企業などを対象に、アンケート調査とヒアリング調査が行われた。ここでは、特に多岐にわたるアンケート項目のなかから、企業連携科目の成果と課題に着目して示す。

先ず、企業連携科目の学修成果について、在學生を対象に行われた調査を元に示す。在學生を対象にした調査は、配布数 : 17,756 名、回収数 : 8,837 名 (回収率 49.8%) であった。企業連携科目に関する学修成果として「実践的な知識・技能の習得」や「社会人としての心構えの習得」などの項目について、実施場所の違い毎に次の様な質問がなされた。

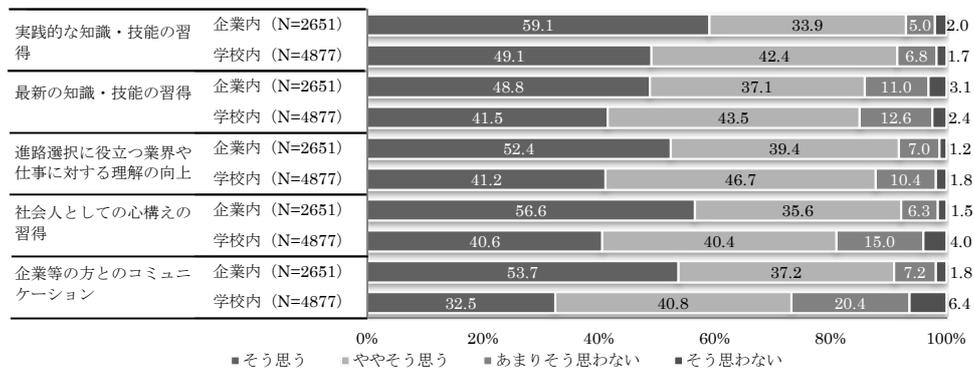
企業内 「企業や病院等において行われる専門現場実習」を通じて、(各学修成果項目について) 達成することができたと思うか。

学校内 「企業や病院等から派遣された講師による実習・演習」を通じて、(各学修成果項目について) 達成することができたと思うか。

先の報告書では、これらの質問について職業実践専門課程の認定・非認定で比較しているが、ここでは企業連携科目の実施場所の違いによる比較を試みた。

図3-1は、学修成果項目毎に企業内と学校内を比較したグラフである。全ての項目で、学校内より企業内の方が「達成できたと思う」の割合が高いことが確認できる。また、その差は、「知識・技能」に関する項目より「社会人としての心構え」や「コミュニケーション」に関する項目の方がより顕著である。

学修成果を知識・技能・態度といったカテゴリーで捉えると、企業内で行う産学連携科目は、態度を養うことにより効果的であるという結果を示している。

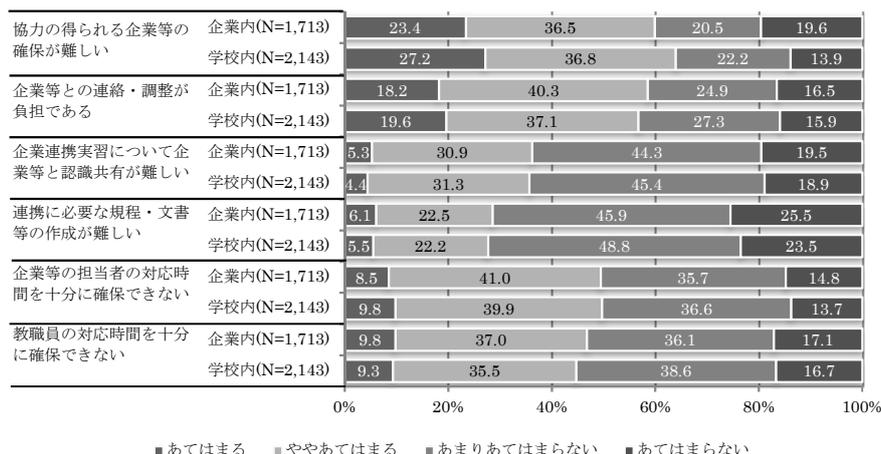


出典 株式会社三菱総合研究所『「職業実践専門課程」の実態等に関する調査研究』
51頁をもとに筆者が作成

図3-1 企業連携科目で達成できたと思うか

次に企業連携科目の実施上の課題について、学科を対象に行われた調査を元に示す。職業実践専門課程の認定・非認定含め総配布数：4,439 学科、回収数：2,374 学科（回収率 53.5%）であった。この調査では、企業連携科目を実施する上での課題・負担について、「協力が得られる企業等の確保が難しい」などの項目について、「あてはまる」～「あてはまらない」の4段階で回答する様な形式で質問している。

三菱総合研究所の報告書では、企業連携科目の実施場所（企業内と学校内）毎に示されていたが、実施場所での比較をするために、図3-2の様にまとめた。企業連携科目の実施上の課題・負担に関して、企業内・学校内共に同様の傾向を示しており、その差は僅かである。課題として最も高いのは、「協力が得られる企業等の確保が難しい」である。この項目では、企業内より学校内の方が「あてはまる」の割合が3.8ポイント高い。次に割合が高い項目としては、「企業等との連絡・調整が負担である」であるが、企業内と学校内での差はあまりない。



出典 株式会社三菱総合研究所『「職業実践専門課程」の実態等に関する調査研究』
22頁・26頁をもとに筆者が作成

図3-2 企業連携科目の実施上の課題・負担

その他の項目では、課題・負担としては、「あてはまらない」が「あてはまる」より何れも上回っているため、それ程課題とはなっていない様である。

2) 各事例にみる成果・課題

実施場所と内容・評価の主体といった観点で、企業連携科目を、表2-1の様に分類し事例を示した。それぞれの事例について、各学科の責任者に成果と課題を確認した。

■日本電子専門学校 コンピュータグラフィクス科

企業連携科目「CGアニメーション」では、15回の授業の内3回企業のクリエイターが指導を行っている。学修成果として、プロのアニメーターにより実践的かつ最新のアニメーションの知識・技能を学生は学ぶことができた。また、企業のアニメーターからの指導であるため、通常の学内教員が行う授業より緊張感のある実習が行われ、課題の提出期限なども実際の仕事の納期を想起させるものとなった。しかし、3回という限られた回数であるため、コミュニケーション能力や社会人としての態度を養うまでには至っていない。

課題としては、企業との実施時期に関する調整が挙げられる。企業側の業務スケジュールを優先した実施時期の設定となり、学校側で行う12回の授業と企業側の3回の授業との内容や授業の進行状況との整合性が取り難い。調整がうまく行かず年度末に集中授業で行う場合もある。

また、新たな連携企業の開拓も困難である。

■日本電子専門学校 Webデザイン科

企業連携科目「進級制作」は、1年次後期の半年間にわたり行われる科目で、1年次の学修のまとめを行う科目である。時間的にも他の科目より多くの時間を割き、Web制作の流れも企業内でのワークフローを想定している。企業から派遣される講師により、最新かつ実践的なWeb制作の知識・技能が修得できることはもとより、企業への企画の説明やプレゼンテーションを通して、社会人としての態度も養われている。個々の学生が、Web制作の一連の流れを通して、プランナー、ディレクター、デザイナー、フロントエンドエンジニアなどの職種を体験するため、就職活動時の職種選択にも役立っている。

また、企業からの課題を学内教員が確認することで、教員の業界動向の把握にもつながっている。

現在の Web サイトは、企業のオフィシャルサイトや物販目的のサイトなど多種多様であり、その制作に必要な技術も多岐にわたる。企業からの制作課題は、それぞれの企業が普段担っている Web 制作業務に応じており、用いられる技術にも偏りが生じている。現在業界が求めている旬な技術が網羅できていない点は課題である。

また、企業へのプレゼンテーションなどの予定が組まれている日に、自信の欠如や緊張感からか、欠席する学生がおりその対応も課題である。

■日本電子専門学校情報ビジネスライセンス科

企業連携科目「ビジネス最前線」は、先進的な企業の取組みに関する見聞を広めることが目的の科目である。学修成果として、ビジネスに関する知識を広げることが可能であるが、実務に関する何らかの技能を修得といった性格のものではない。短時間ではあるが、最先端のビジネス現場を垣間見ることで、社会人としての態度について何らかの気づきは受けたであろう。

課題としては、これまで実施してきた業界・業種以外の連携先企業の開拓・確保が難しい点が挙げられる。

■中国デザイン専門学校ファッションデザイン科

2回のインターシップにより、学内で学んだ専門的な知識・技能の一層の定着が図られている。また、卒業後ファッション業界で仕事をしていくことへの意識も形成されている。

2年次の「インターシップⅠ」は、ファッション業界企業を初めて体験する場であり、雰囲気を感じ取って来るといった意味合いが強い。3年次の「インターンシップⅡ」では、より卒業後の仕事を意識したものとなり、実際にそのインターシップ先に就職する者もいる。インターンシップを通して就職した場合の定着率は高いといった成果も出ている。

先に示した通り、中国デザイン専門学校には、企業連携を推し進める「C to C System」があり、多くの企業が参画しているため、実習先企業の確保はそれ程課題ではない。企業側にも、学生を担当する職員の成長につながっているといったメリットがあるようだ。

協力的な企業が多いため、今後の更なるインターンシップの展開として、「機会を増やし、複数職種の就業体験」「1ヵ月程度の長期インターンシップ」「学生の提案型の就業体験」などを検討している。

4. まとめ

平成 26 年度からスタートした職業実践専門課程は、当初の目的通り、専門学校における「職業教育の水準の維持向上を図る」ことに貢献している。職業実践専門課程創設以前は、設置基準が緩やかであるため、それぞれの専門学校が独自の方針・方法により教育を行っていた。このため専門学校間の教育比較は、資格取得率や就職率といった現象的な結果（Output）になりがちで、その算出の信憑性といった些末な議論に陥りやすい傾向にあった。これが、職業実践専門課程の「教育課程編成委員会」「企業連携科目」「情報公開」などの認定要件により、それぞれの項目について比較が可能となり、教育の在り方や学修成果（Learning Outcome）など本質的なものへと移りつつある。

また、認定の有無による差別化も、専門学校の教育水準の向上に貢献している。5年間の認定状況によ

り、全国で約4割の学科が認定を受けている。今後の行政の専門学校振興策が主に職業実践専門課程を対象としたものになれば、非認定校はおのずと淘汰の方向に向かうであろう。

企業連携科目は、「企業等と連携して、実習、実技、実験又は演習の授業を行っていること。」だけが定められており、実施場所や内容・評価の在り方等の制約はない。この多様な企業連携科目を、実施場所を企業内と学校内、内容・評価の主体を企業側と学校側との組合せにより4つに分類して、それぞれの事例を紹介した。

4つの事例を学修成果といった観点で比較すると、実施場所および内容・評価の主体が企業側にある場合（所謂インターンシップ）が最も高い学修成果が得られる様である。次に高い学修成果は、実施場所が学校内で、内容・評価の主体が企業側の場合である。日本電子専門学校のWebデザイン科「進級制作」の事例でも、制作したWebサイトが実際の顧客に使用されることは少ないが、制作自体は企業内で行う就業とほぼ同様である。学修成果もインターンシップとほぼ同程度に得られている。これは、「進級制作」の流れが企業のワークフローに沿って行われていることに起因していると考えられる。

この事例では、学生個人が制作の全てを担っていたが、グループで企業課題に取り組む所謂PBL（Project Based Learning）の形態では、個人で行う以上の学修成果が得られる可能性がある。グループで行うことによりコミュニケーションやリーダーシップなどの基礎力（ジェネリックスキル）が求められるからである。先の「進級制作」では、企業のワークフローに沿って行うことにより、課題の設定から納品に至るまでの計画が具体的になっていた。PBL形式で行う場合も、プロジェクトの開始から終了に至る過程のなかに、細かいマイルストーンの設定やそこで必要となる知識・技能の設定、成果物の評価指標など、緻密な教育設計（ID：Instructional Design）が必要である。プロジェクトの流れを単に学生に任せるだけでは、期待した学修成果が得られるものではない。

その他の事例の学校内に企業から講師を招く場合や、企業見学などの短期的な企業内での実施は、目的を限定した学修成果の達成には効果的であろう。

どのような企業連携科目に対しても実施上の課題は、「協力企業の確保」である。この課題の解決策としては、中国デザイン専門学校の「C to C System」が一つ解を示唆している。専門学校は、学生の就職だけでなく多面的な企業との連携を行うことが可能な学校種である。企業連携科目への協力だけに限定せずに、予てより協力的な企業を集め組織化するといった取組みが重要である。

平成15年度創設した専門職大学院、平成26年度からの専門学校職業実践専門課程、そして平成31年度創設の専門職大学と、我が国の高等教育機関における職業教育は制度的な充実が図られている。専門学校の今後の展開として、制度的な柔軟性を生かした実践的な企業連携科目による高い「学修成果」と学校関係者評価や情報公開による「質の保証」への取組みが一層求められる。

引用（参考）文献

- ・文部科学省 2013、文部科学省告示第133号 1頁 - 3頁
- ・文部科学省 2013、『「職業実践専門課程」の創設について ～職業実践的な教育に特化した枠組みの趣旨をいかした先導的試行～』4頁 - 12頁
- ・日本電子専門学校 コンピュータグラフィックス科 2017、職業実践専門課程の基本情報について【職業実践専門課程認定後の公表様式】
- ・日本電子専門学校 Web デザイン科 2017、職業実践専門課程の基本情報について【職業実践専門課程認定後の公表様式】
- ・日本電子専門学校 情報ビジネスライセンス科 2017、職業実践専門課程の基本情報について【職業実践専門課程認定後の公表様式】
- ・中国デザイン専門学校 ファッションデザイン科 2017、職業実践専門課程の基本情報について【職業実践専門課程認定後の公表様式】
- ・株式会社三菱総合研究所 2017、『「職業実践専門課程」の実態等に関する調査研究』6頁、22頁、26頁、51頁

デジタルDIY ツールキットによるプログラミング思考教育の取り組み

日本工学院八王子専門学校
テクノロジーカレッジ ロボット科 中原大介

1. はじめに

文部科学省の指導要領により、2020年からは小学校教育からプログラミング教育が開始される[1]。これは、従来からの狭義のプログラミング（ソースコードを書くこと）に加えて、問題発見／問題解決能力向上やコンピューター観の獲得等も含まれていく。また、文部科学省の「21世紀型スキル」[2]においても、情報創造力（こと創り）を謳っており、高等教育機関の技術教育においても近未来の基礎的な能力としても重要と考えている。

本稿では、このプログラミング思考の習得も含めたプログラミング教育の学習教材とその活用事例について、紹介する。

2. 教育コンセプト

日本工学院八王子専門学校テクノロジーカレッジロボット科においては、「遊ぶ」・「触る」・「考える」プロセスによるロボット教育を考案し、現在様々な教育的側面から実践している。

「遊ぶ」とは、Tinkering[3]などをベースとした、内省的で自由な空想環境を与えることである。「触る」とは、前記「遊ぶ」で空想した産物を、インクリメンタルにハードウェアやソフトウェアの「モノ」のカタチに具現化することである。「考える」は、前記「触る」プロセスで創発したモノを、個人的或は社会的文脈に沿った「コト」との関係性を模索するプロセスである。筆者らは、プログラミング思考は、この「モノ」と「コト」を横断する視点が大きくかかっていると考えている。

図1に、当該教育と開発工程の関連領域を示す。従来の技術面を主体とした工学教育やデザイン教育を、開発工程に跨って「串刺し」することを特徴となる。

また、図2に、当該教育と工学教育を、対比的に示す。重要なことは、従来の工学教育と当該教育を融合させた教育プログラムを策定していくことであると考える。

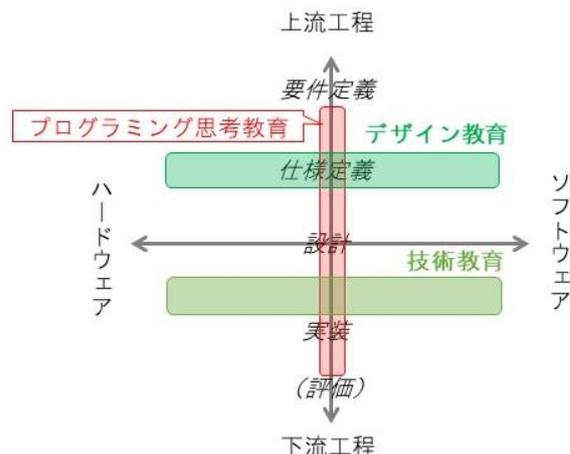


図1 遊ぶ・触る・考えるものづくり教育と開発工程
Figure 1 Proposal Education and Practical Development

	提案教育	工学的教育
駆動型	目的駆動	技術駆動
設計（デザイン）	コト	モノ
ヒューマンコミュニケーション	説得力	団結力
発想	物語力	実現力
とっかかり	簡単	継続
目標達成	小さな成功の繰返し	1つの大きな成功

図2 提案教育と工学教育の対比
Figure 2 Proposal Education and Technological Education

3. デジタルDIY ツールキット “Sony MESH”

3.1 提案教育プロセスとの関連

前記「遊ぶ」・「触る」・「考える」プロセスによるロボット教育の教材として、「Sony MESH」[4]を導入した。当メディアは、実世界のあらゆるモノに電子タグを取り付け、それらをスマートフォンやタブレットで開発可能なSDKでプログラミング操作

することで、簡易的に日常生活の利便性や遊戯性を向上させるための製品である。当メディアは、日用品やガラクタ等、遊び感覚で扱えるので、「遊ぶ」フェーズがこれに該当する。また、SDK ではソフトウェアプログラミング、電子タグでは実世界メディアとしての物理的機構の検討や、Arduino[5]やRaspberry Pi[6]といったフィジカルコンピューティングメディアとの連携などの拡張性も備えており、これらは「触る」フェーズにあたる。さらには、学生は製作後に特定の日常生活のコンテキストにおけるデモンストレーションを実施するため、必然的に「考える」フェーズを実践することになる。

3.2 仕組み

図3に、電子タグ及びSDKの外観を示す。ハードウェアタグは、現在7種類（ボタンセンサー、動きセンサー、人感センサー、温度・湿度センサー、明るさセンサー、LED出力、GPIO出力）である。ソフトウェアタグは、5種類（カメラ、マイク、スピーカー、通知、ミュージック）に加え、GmailやIFTTT等との連携機能も備えている。アイコン化されたこれらのタグを、スマートフォンやタブレットデバイス上のSDKでつなぎ合わせることで、プログラミングが可能な仕様である。プログラミングは、上記アイコンつなぎ合わせることが基本操作となるが、Webプログラミングによる自作タグの生成など、より上級レベルのプログラミングにも対応可能である。



図3 MESH システム
Figure 3 MESH system

4. 実施例

前述の提案デバイス構想をもとに、その創作性に関するワークショップを実施した。一定時間内で、ユーザーがより多種多様なアイデアが創出可能であれば、その構想は妥当であるという仮説のもと、MESH活用のワークショップを実施した。

参加者は、日本工学院八王子専門学校のロボット科1年生50名を対象に、約2時間の製作を計6回で実施した。実施法としては、まずMESHデバイスその操作法及びラピッドプロトタイピングの概要説明を行った。続いて、毎回製作テーマと電子タグの使用制限を設定し、3名1組のグループワークにより、プロトタイプ及びアイデアシート（図4参照）の作成を行った。

アイデアシート	
<input type="checkbox"/> グループ	日付 _____ 学籍番号・氏名 _____
タイトル	ストーリー（物語） *「起承転結」
目的 *5W1H	
システム構成 *入力(きっかけ)→制御→出力(結果)	
	自分の作品への他人の意見
	他人の作品への意見

図4 アイデアシート
Figure 4 Idea Generation Sheet

実施後には、参加者を対象とした自由記述形式のアンケートを実施した。主だったものとして以下のような回答が得られた。

- i) アイデアは浮かぶが、カタチにするのが難しい
- ii) 適度にふざけたアイデアのほうが、アイデンティティを出せると思う
- iii) アイデアのイメージを、完璧にカタチにできたときは楽しかった
- iv) 最初はアイデアをカタチにするのは難しかったが、後からできるようになっていった
- v) 材料の制約がある中でカタチにするのは難しい
- vi) もっと材料が欲しい
- vii) 他のグループと仲良くなれてよかった
- viii) クラスメイトの発想が見られて面白かった

代表的な作品（図5）を示す。



図5 代表作品

Figure 5 Representative works

結果としては、多様な既存或いは新規な遊びやゲームを考案し、作成する様子が観察された。また、学生自身の日常生活の問題意識が強い場合や、比較的技術力の高い場合は、作品化まで至ることが多かった。さらに、GPIO タグ活用については、単にギヤボックスをはじめとした車輪の回転による移動方法のみならず、電子コマや電子糸電話といった全く異なる文脈や機構構造を連想する事例も見られた。これらの点は、Sony MESH を活用した学習は、「モノ」と「コト」の横断的発想、すなわちプログラミング思考を促進していると解釈することができる。と考える。

今後は、作品事例を増やし、問題発見／問題解決能力向上やコンピューター観の獲得等を目指していきたい。

5. 参考文献

- 1) 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について、
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm
- 2) 文部科学省「21世紀型スキル」、
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1296728.htm
- 3) Tinkering, <https://tinkering.exploratorium.edu/>
- 4) Sony MESH, <http://meshprj.com/jp/>
- 5) Arduino, <https://www.arduino.cc/>
- 6) Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/>

学生によるスピーカー製作の取り組みとその教育成果について

日本工学院八王子専門学校

テクノロジーカレッジ 電子・電気科 小林 和幸

1. はじめに

日本工学院八王子専門学校のテクノロジーカレッジは、電子・電気、ロボット、自動車整備、機械設計、建築設計、土木・造園、環境・バイオ、応用生物に関する教育分野があり、企業や業界連携を通して、社会に貢献できる人材育成に取り組んでいる。ここで、テクノロジーカレッジに所属している電子・電気科は、3つの専門コース(電子工学・電気工学・電気工事)をもち、弱電から強電に至る幅広い分野の教育を実践している。

本稿では、月刊ステレオ誌(音楽之友社)主催による第1回学生対抗スピーカー甲子園にて、日本工学院八王子専門学校、電子・電気科の学生チームが設計・製作したオリジナルのスピーカーが、「音の良さ」を評価され、参加した大学生チームを抑えて「優勝」に至ったので、その取り組みについて紹介する。



図1 優勝した電子・電気科の学生チーム^(*)

2. スピーカー甲子園について

第1回学生対抗スピーカー甲子園は、月刊ステレオ誌が自作オーディオについて特集した「至高のDIYサウンド～オーディオクラフト2018」における特集として企画されたものである。この特集は、大

学や専門学校の学生たちが、与えられた条件をもとにより良い音を求めて設計・製作し、その音質を競うもので、2018年6月に第1回目として実施された。ここで、製作の条件を下記に示す。

- ①マークオーディオ製 8cm フルレンジスピーカーユニット(OM-MF5)を必ず使用すること。
- ②OM-MF5 は左右合わせて4基まで使用可。
- ③異なるブランドのスピーカーユニットを追加して使用することも可。

上記①から③のように、指定されたスピーカーユニットを必ず使用するという条件はあるが、「重視する設計ポイント」「スピーカーユニットの構成」「エンクロージャーの構造」などについては、製作する学生たちに任されているため、学生たちの自由な発想、アイデアが生かされることになる。なお、第1回学生対抗スピーカー甲子園に参加した学校は5つの大学、1つの専門学校で、日本工学院八王子専門学校は専門学校として唯一の参加であった。

【参加校】

- 大学:神奈川工科大学、首都大学東京、東京電機大学、東京都市大学、立命館大学
- 専門学校:日本工学院八王子専門学校

3. 学生の取り組み

参加チームは、電子・電気科で学んでいるオーディオに興味をもつ1年生3名の学生たちである。

設計から製作・完成に至る期間は約3週間であり、短期間で目標とする音を奏でるスピーカーを完成させたことは、電子・電気科の実習設備である「無響室」を利用して音の特性データをチェックして改良することができたことも大きな要因になっていると言える。

なお、完成したスピーカーシステムは、単に音楽を再生して試聴するだけではなく、測定結果をもとに物理特性の面から考察して、製作にフィードバックしている。このことは、「ものづくり」にとって非常に重要なことであり、無響室を利用して得られた測定データに裏付けされた再生音が審査員全員一致の1位という評価につながったとも考えられる。

4. 製作過程

学生たちは8cmフルレンジスピーカーユニットを左右1本ずつ使ったフルレンジスピーカーシステムの製作を選択した。8cmという小口径では、通常低音は期待できず、超高音域も歪の多い音になってしまう。また、低音再生ばかりにこだわったエンクロージャーではバランスの悪い音になることが多い。

一般的に小口径スピーカーユニットを利用したシステムはナローレンジながら自然な音場感が得られるという特長がある。

また、無理な低音再生にこだわらなければ、複雑なエンクロージャーが不要になるなどの利点がある。そこで、学生たちはスピーカーボックスに「後面開放型」という方式を選択、音を明るく軽く鳴らすことを考えた。



図2 バフルと側板、底板、天板の接着

図2にバフルと側板・底板・天板の接着の様子を示す。スピーカーユニットの取り付け位置はエンクロージャー内部の定在波の影響を考え、故意に偏心させている。この点については補強材も同様に考え、側板、底板、天板に対して補強材が平行にならないように斜めに配置している。図3に裏面

の補強と吸音材の様子を示す。



図3 裏面の補強と吸音材の様子

一般的に、スピーカー背面から出た音は速やかに吸音する方が良いとされているが、後面開放型の特徴を生かすため、吸音材量は最小限にして明るく軽い鳴り方を目指している。



図4 完成した後面開放型エンクロージャー

図4に完成した後面開放型エンクロージャーを示す。

5. 製作したスピーカーの特性測定

製作したスピーカーシステムの音圧周波数特性

や歪み特性などは正確に測定することが可能である。日本工学院八王子専門学校、電子・電気科の実習室である「無響室」を利用して、特性測定を実施した。なお、無響室での測定の結果から、エンクロージャーの寸法が正しいか、吸音材の量は適正か、マルチウェイシステムのクロスオーバー周波数の選定は正しいか、音圧レベル合わせが最適化されているか、LPF, BPF, HPF の周波数特性が正しく機能しているかなど、多岐にわたるデータの検証が可能である。

今回は、音圧周波数特性、歪み音圧周波数特性、音圧指向特性を測定し、自作スピーカーの性能、目的としている音が出ているかを確認した。測定システムは米 Dayton Audio 社の OmniMic V2 を使用した。なお、測定用信号は正弦波のスweepとインパルスを用いている。



図 5 無響室での特性測定



図 6 無響室での特性測定(測定用マイクロホンの調整)

図 5 及び図 6 に無響室での特性測定の様子を示す。

後面開放型のスピーカーでは、スピーカーユニットの背面から出た音が前面に回折し干渉することにより低域の周波数特性が乱れることがある。通常、無響室にて干渉の様子を確認し、極端に大きな乱れが発生した場合は吸音材の量を増やすなどの対策が必要となる。しかし、今回製作したスピーカーシステムでは、大きな周波数特性の乱れは見られなかった。



図 7 周波数特性の確認

製作したスピーカーシステムに使われているスピーカーユニットは 8cm という小口径フルレンジであり、中高音域の周波数特性は比較的平坦で良質な再生音が期待される。なお、低音域には後面開放型特有のピークがわずかに見られるが、音質に与える影響は最小限に留まっていることが測定結果より検証することができた。

一方、ツイータを追加して高音域をさらに綺麗に鳴らすという方向性も考えられるが、音場や音質の自然感を重視することを優先し、現行のスピーカーユニットであるフルレンジ 1 本とした。

図 8 及び図 9 に完成したスピーカーの周波数特性を示す。今回製作したスピーカーシステムのスピーカーユニットはフルレンジ 1 本であるため、500[Hz] を超える中音域、高音域の周波数特性に

多少の音圧変動は見られるものの、およそ 70[Hz] から 500[Hz] の広い周波数帯域で平坦な音圧レスポンスが得られた。このため総合的には良い結果が得られていると判断できる。

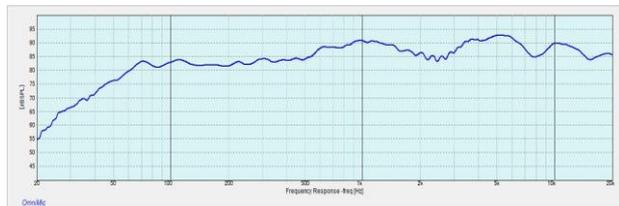


図 8 周波数特性(音圧レベル)

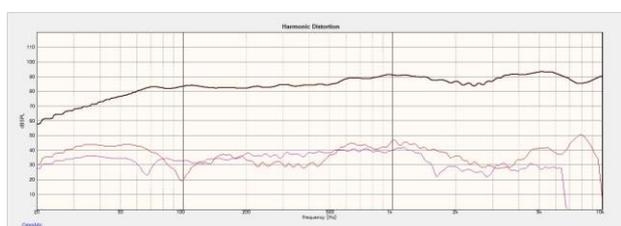


図 9 周波数特性(高調波歪み)

6. まとめ

月刊ステレオ誌主催の「第1回学生対抗スピーカー甲子園」では、日本工学院八王子専門学校の学生チームが優勝となった。その最大の要因は、学生たちがオーディオに対して非常に興味を持っていること、そして「優勝」という目標を達成するために、自分たちのアイデアを積極的に取り入れてスピーカー製作に取り組んだこと、さらには正確な特性測定ができる環境(電子・電気科の実習室「無響室」)を活用し、自作スピーカーの測定結果を検討し、物理的な特性までしっかりと理解した上で、学生対抗スピーカー甲子園でのプレゼンテーションに臨むことができた結果と考えられる。

学生対抗スピーカー甲子園での優勝は、学生たちにとって、とても貴重な経験であり、大きな自信にもつながり、今後の活躍に期待が持てるものである。



図 10 スピーカー甲子園でのプレゼンテーション(*)

最後に、音楽之友社「第1回学生対抗スピーカー甲子園」関係者の皆様、及び発表の機会を与えて頂きました全国専門学校電気・電子教育研究会の皆様へ深く感謝をいたします。

7. 参考文献

- (1) 月刊ステレオ誌、音楽之友社、2018年8月号
- (2) あなたのヘッドホンはアーティストの息づかいが聴こえていますか?、秀和システム、小林 和幸、2016年8月

(*) 図1、図10については、音楽之友社「月刊ステレオ誌(撮影:高橋慎一氏)」より提供を頂いた。

IoT 技術を活用した産学連携実証講座への取り組み

阿保 隆徳、坂藤 健、星 孝
東北電子専門学校

1. はじめに

2011年3月11日発生の東日本大震災による大津波とその後の大規模な火災は、未曾有の悲劇を宮城県にもたらした。その中でも沿岸部に位置する気仙沼市は、死者・行方不明者は1,250人余に上り、住宅約16,000棟が被災した。市の復興計画の中には、「再生可能エネルギーの導入と環境未来都市(スマートシティ)の実現」が掲げられ、災害に強い自立・分散型エネルギーシステムの構築、いわゆる「エネルギー地産地消」の仕組みづくりが謳われた。

その実現にあたり、気仙沼市が太陽光発電や風力発電とともに選んだのは、木質バイオマス発電である。地場の間伐で出た木材を使って発電し、その電力を地場で使う。森林間伐で豊かな森を作り、これが海の恵みに繋がる。漁業の町、気仙沼にとって一石二鳥の事業である。気仙沼市が計画したこの木質バイオマス発電事業を引き受けたのが気仙沼地域エネルギー開発株式会社であった。

気仙沼地域エネルギー開発から本校へ協力依頼があったのは2016年のことである。「木材を砕く重機は動作中に高温となり、高温のまま使い続けると自動的に停止し作業が長時間中断する。作業が中断しないように、現在はオペレータの経験則により高温になる前に重機を弱運転にしているが、それでも重機の停止は度々発生している。本校のIoT技術を用いて重機の温度を測定しオペレータに適切な指示を出す仕組みを作って欲しい。ぜひ、宮城の産学連携の形でこのプロジェクトを成功させたい。」本校のIoT実証講座プロジェクトが動き始めたのは2018年8月であった。

本校では、この実証講座プロジェクトを教育の観点からも成功させたいと考えた。そこで学生が実証講座に必要な知識・技術を修得するには、IoT科目の授業の中に実証講座に関連する実践的なカリキュラムを組み込むこと、学生を重機の設置されている現地に赴かせ自ら製作物の検証を行わせることなどを計画した。また、実践的な技術指導は、様々な文部科学省事業に実績を持つ有限会社ワイズマンの原田賢一氏に依頼した。

2. 実施講座の概要

指導企業講師の講義・実習により、センサデータ関連技術を学修する。その技術を基に、協力企業が所有する重機を操作したときに発生するセンサデータを処理することで実践する。具体的には、重機のセンサデータをオペレータのタブレットに送信し、グラフ化して表示することで、オペレータの操作判断をし易くする。

3. 温度センサー技術

今回の温度管理対象となるチッパー（間伐採をチップ状に砕く重機）のベアリング部分と作動油部分温度を確認したい。

ここで、温度センサーの種類とその特徴について記す。

・サーミスタ

サーミスタ(thermistor)とは、温度変化に対して電気抵抗の変化の大きい抵抗体のことである。この現象を利用し、温度を測定するセンサーとしても利用される。センサーとしてはふつう-50℃から 150℃程度までの測定に用いられる。

NTC(negative temperature coefficient)サーミスタ：

温度の上昇に対してゆるやかに抵抗が減少するサーミスタである。

PTC(positive temperature coefficient)サーミスタ：

ある温度をこえると温度の上昇に対して急激に抵抗が増大するサーミスタである。

CTR(critical temperature resistor)サーミスタ：

PTCサーミスタとは逆に、ある温度をこえると急激に抵抗が減少するサーミスタである。

・pt 温度センサー

プラチナが中心素材の1つで、白金測温抵抗体(Pt100、Jpt100)は、温度の変化に応じて抵抗値が変化する。温度特性は、JIS規格により規定されている。

標準動作温度範囲は非常に広く、-200℃～+1000℃で動作し、宇宙ロケットの過酷な環境などでも利用され、ロケット打ち上げ時において極高温にまで達する温度変化を監視をしている。

・熱電対

熱電対は、2種類の金属線の先端同士を接触させて回路を作り、接合点に発生する熱起電力を通じて温度差を電位差で測定する温度計である。異なる2種の金属を接合すると、それぞれの熱電能の違いから、2つの接合点の間の異なる温度に応じた起電力が発生する原理（ゼーベック効果）を応用するものである。寿命の長さ・耐熱性・機械的強度などの利点があり、中高温領域の温度センサーとして工業的に最も広く用いられる。

・熱電対列（熱電堆）

熱電対列は熱電対を直列に接続したものである。数メートル離れても対象物を効果的に測定できる。熱電対列は、産業プロセス監視から占有状況検知、動作検知、耳式体温計などの医療用温度測定まで、幅広い用途に使用されてきている。その他の用途としては、電

子レンジなどの家電製品・火災警報や高熱警報・自動車の座席占有状況・道路やハイウェイの凍結検知などがある。

・デジタル温度センサー

デジタル温度センサーは、温度と対応する回路を通して温度物理量および湿度量をデジタル値に変換できる。コンピュータや PLC などではデータを直接読み取ることができ、家電製品・医療デバイス・家庭用電気機械器具など多くの電子デバイスのサーモスタット内やボードマウント型センサーとしてよく使用されている。デジタル温度センサーはスマートホームなどの様々な IoT システムで使用されているセンサーである。

・IC 温度センサー

IC 温度センサーは、トランジスタと同じように 3 本の足がありその内の 2 本が電源で、残りの 1 本が温度変化に対してリニアな出力電圧を得ることができる。周辺の補正回路や増幅回路を必要としないため、回路構成を単純化できるのが特徴である。

	サーミスタ	測温抵抗体(RTD)	熱電対	IC温度センサー
温度範囲	-100~+500°C	-240~+700°C	-267~+2316°C	-55~+150°C
精度	キャリブレーションに依存	◎	○	○
追加回路の必要性	-	-	-	不要
リニアリティ	△	○	○	◎
価格	中~低	高	高	中~低

図 3-1

※出典：富士エレクトロニクス株式会社 HP より

今回の温度測定では、それほど高温にはならず（100°C以下）実験的な測定の為、人間の感覚的な範囲での測定であることから、何よりも安価で追加回路不要な IC 温度センサーを用いる事とした。図 3-1 参照

今回使用することになった IC 温度センサー LM61CIZ の仕様を下記に記す。

（データシート参照）

- 精度@25°C ±2.0°C、±3.0°C(最大)
- C グレード精度(-30°C~+100°C) ±4.0°C(最大)
- B グレード精度(-25°C~+85°C) ±3.0°C(最大)
- 検出感度 +10mV/°C
- 動作規定温度範囲 +2.7V~+10V
- 待機時消費電流@25°C 125µA(最大)
- 非線形性 ±0.8°C(最大)
- 出力インピーダンス 800Ω(最大)

データシートには図 3-2 の様に、細かな情報がたくさん書かれており、図 3-3 の資料の様に計算方法などの記載もあり、これを使って温度換算を行う。

温度センサー

◇LM61CIZ リニアな特性

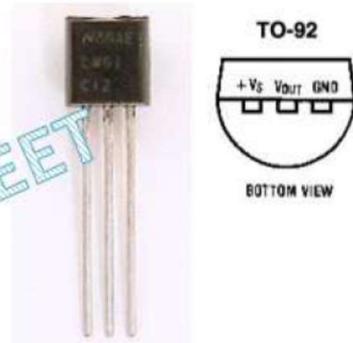
◇測定範囲: $-30^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$
 $-30^{\circ}\text{C} = 300\text{mV}$

~
 $0^{\circ}\text{C} = 600\text{mV}$

~
 $100^{\circ}\text{C} = 1600\text{mV}$

◇温度係数: $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

◇動作電圧範囲: $+2.7 \sim +10\text{V}$



温度センサー(LM61CIZ)

$$\text{温度} = (\text{センサー出力電圧} - 600\text{mV}) \div 10\text{mV}$$

図 3-2

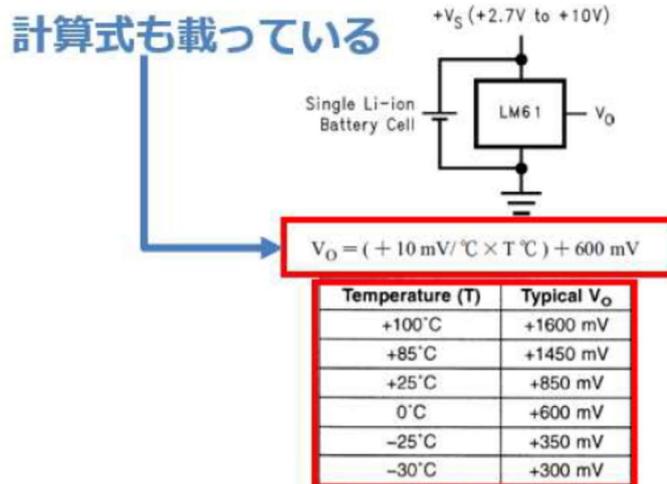


FIGURE 1. Full-Range Centigrade Temperature Sensor ($-30^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$)
 Operating from a Single Li-Ion Battery Cell

図 3-3

センサーの温度特性グラフ

◇ センサー特性をもとにA/D変換のレンジを確認。

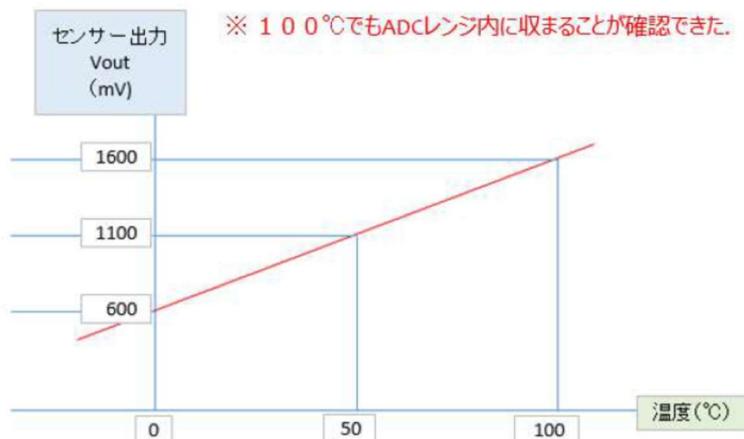


図 3-4

図 3-4 をみると温度の変化と出力電圧の変化がリニアに出ていることが解る。この様にリニアに変換がなされていれば、プログラム中での補正が不要となる。

ピンの誤りは高熱破壊！！

ピン配置を十分確認。

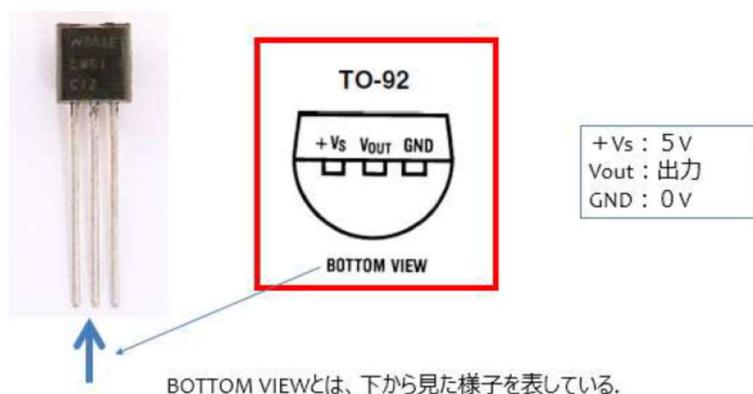


図 3-5

図 3-5 の写真は温度センサーのピンを下にして正面（型番が印刷してある面）から見た様子である。中央に【BOTTOM VIEW】という蒲鋒を逆さまにしたような図が描いてある。これは、センサーのピン側からみた図である。このように見たとき、「左側のピンを電源（+）、中央のピンを出力電圧、右側のピンをGND（0V）に接続する」、ということを表している。図 3-5 の右側に +Vs : 5V と書いてあるが、今回の電源電圧は

3Vである。このセンサーの動作電圧は図3-2で+2.7V～+10Vという記載がデータシートにあるので、この5Vは3Vに読み替えて使用する。

もしこの図を読み間違えて、センサーを反対向きに配線すると、電源とGNDが逆になってしまい、電源を投入したとたんに火傷するほどの高熱を発生してセンサーに致命的なダメージを与えてしまう。

くれぐれも向きを間違えないようにして使用しなければならない。

4. 無線通信技術

今回のシステム実装をする木材チップ加工場の環境は山間部の屋外であり、温度管理対象となるチップパー（間伐採をチップ状に砕く重機）と温度を確認したい場所（間伐採をチップパーに送りこむ重機）間の距離は最大十数メートル程度であるため、温度センサー部とタブレット間の通信には汎用性の高いISMバンド帯（2.4GHz）の無線を利用する事にした。ただし、環境が屋外で温度センサー部の電源確保が困難であり、一般的に重機は大量のノイズを発生させる可能性があるため、なるべく省電力で高出力の無線機器を選定する事とした。

今回の条件に合致する無線機器として、モジュール1台で無線通信のできるマイコンとして機能するように設計されているTWE-Liteを選定した。以下の図4-1にTWE-Liteの特徴を記す。

- ◇TWE-Lite – トワイライト
- ◇東京コスモス電機(株)で開発
- ◇現在は、モノワイヤレス(株)
- ◇マイコン内蔵の無線モジュール
- ◇マイコンに独自アプリを書き込める



- ◇出荷時に標準アプリ書き込み済み
- ◇配線するだけで使える
- ◇中継機機能あり

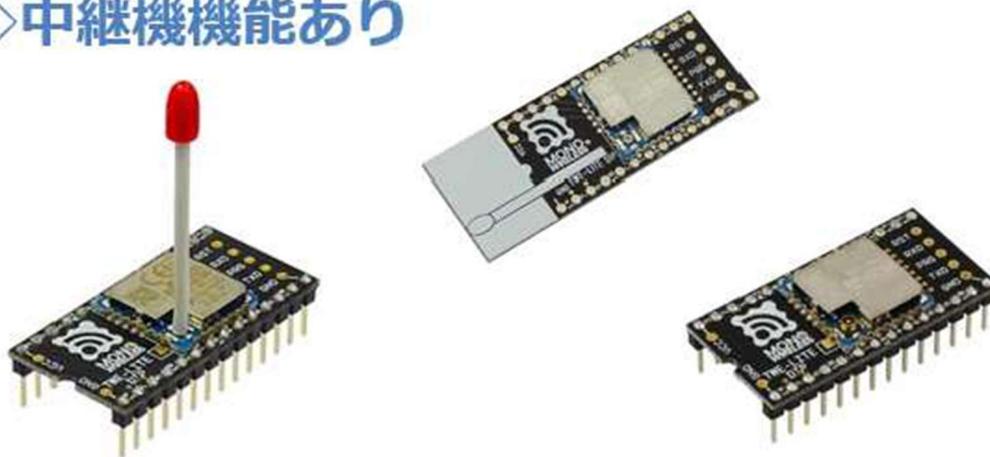


図 4-1

- ◇高さ 3 m 以上で、電波環境の良いところでは
およそ 1 km の距離で通信が可能

※2.4GHz帯を使用しているので、
同じ周波数帯の機器との併用は要配慮

機能	信号名	シルク	ピン	ピン配置表				機能
電源グランド	GND	GND	1	28	VCC	VCC	電源 (2.3~3.6V)	
I2Cクロック	SCL	14	2	27	3	M3	モード設定ビット3	
UART受信	RX	7	3	26	2	M2	モード設定ビット2	
PWM出力1	PWM1	5	4	25	1	AI4	アナログ入力4	
デジタル出力1	DO1	18	5	24	A2	AI3	アナログ入力3	
PWM出力2	PWM2	0	6	23	0	AI2	アナログ入力2	
PWM出力3	PWM3	1	7	22	A1	AI1	アナログ入力1	
デジタル出力2	DO2	19	8	21	R	RST	リセット入力	
デジタル出力3	DO3	4	9	20	17	BPS	UART速度設定	
UART送信	TX	6	10	19	15	SDA	I2Cデータ	
PWM出力4	PWM4	8	11	18	16	DI4	デジタル入力4	
デジタル出力4	DO4	9	12	17	11	DI3	デジタル入力3	
モード設定ビット1	M1	10	13	16	13	DI2	デジタル入力2	
電源グランド	GND	GND	14	15	12	DI1	デジタル入力1	

図 4-2

上記図 4-2 のように TWE-L i t e は必要電源が 2. 3 ~ 3. 6 V であるため、乾電池を利用できる点とアナログ入力 4 ピン、デジタル出力 / PWM 出力も各 4 ピン備えているため、各種センサー追加や制御機器追加が可能である点、環境を整えば最大 1 k m の通信が可能であり、特定設定を行う事で送信機と受信機の間に入って、中継器としての役割を果たすよう変更する事により、全体での通信距離が伸ばせるという機能がある点から選定した。また、出荷時に書き込み済みである標準アプリケーションの機能範囲での利用であれば、プログラミングレスで、配線をするだけで無線マイコンモジュールとして使用する事も可能である。さらに、TWE-L i t e には、親機としてスマートフォンやタブレットに U S B 接続のできる機器が開発されており、このモジュールを使用することで TWE-L i t e とスマートフォンやタブレットが連携するシステムを作ることが可能となっている。

以下の図 4-3 にスマートフォン等を親機として利用できるモジュールである M o N o S T I C K の図を記す。

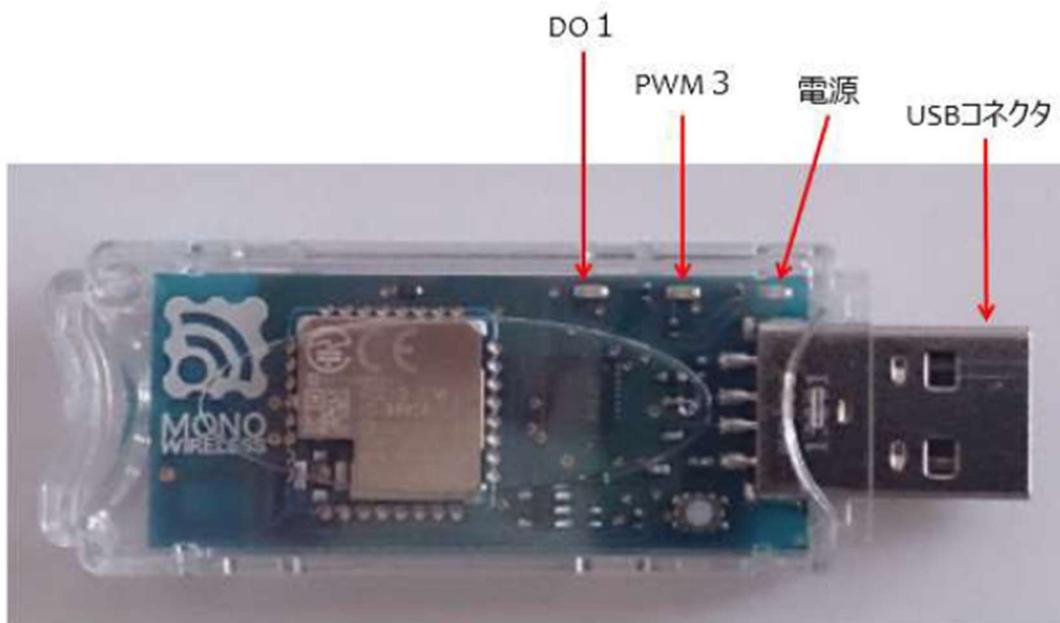


図 4-3

M o N o S T I C K は上記図 4-3 のように U S B コネクタを備えており、これでスマートフォンと接続可能となっている。M o N o S T I C K 内部には基盤があり、この中にマイコンユニットと無線ユニットが入っている。U S B コネクタの付け根部分の上側には、小さい L E D が基板直付けで配置されており、それぞれ、電源、P W M 3 (P W M 出力の 3 番)、D O 1 (デジタル出力の 1 番) の L E D となっている。

このMoNoSTICKを利用したTWE-L i t e とスマートフォンとの連携イメージを以下の図 4-4 に記す。

◇USB I/Fでスマートフォンと接続



図 4-4

図 4-4 にある左側TWE-L i t eの子機とUSBインタフェースを持つモジュール（親機）の間では双方向の無線通信が可能であり、スマートフォンで子機の様子をモニターする事、スマートフォンから子機をコントロールする事が可能である。スマートフォン側には、TWE-L i t e連携用の専用アプリケーションが公開されており、インストールする事で容易に動作確認を行う事ができる。以下の図 4-5 にメーカーが開発したTWE-L i t e連携用の専用アプリケーションであるTWEControlの特徴を記す。

とても簡単、スマホモニタ

- ◇スマートフォンから子機をリモートコントロール
- ◇子機から親機をリモートコントロール
- ◇子機の様子をシリアル通信で受信



図 4-5



図 4-6



図 4-7



図 4-8

上の図 4-6 はこのアプリケーションのメニューから「遠隔監視」を選択した時の画面である。この画面の「電圧グラフ」機能は、子機のアナログ入力に与えられた電圧の変化をグラフにして表示する機能で、図 4-7 のように電圧変化をグラフ表示する機能である。ま

た、図 4-8 にある「温度グラフ」機能は、温度センサー（LM61BIZ）を子機のアナログ入力ピンに接続した場合に、子機が置かれた場所のセンサーで計測した温度変化をグラフ表示する機能である。

このMoNoSTICKを利用したTWE-Liteで温度変化を計測してスマートフォン側にグラフ表示するシステムの全体構成イメージを以下の図 4-9 に、子機側の配線イメージを以下の図 4-10 に記す。

◇システムの全体構成

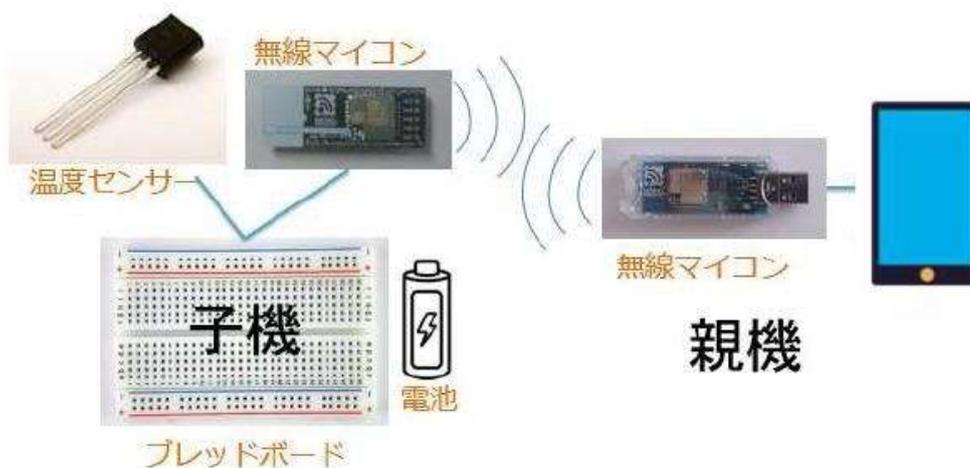


図 4-9

◇子機の配線

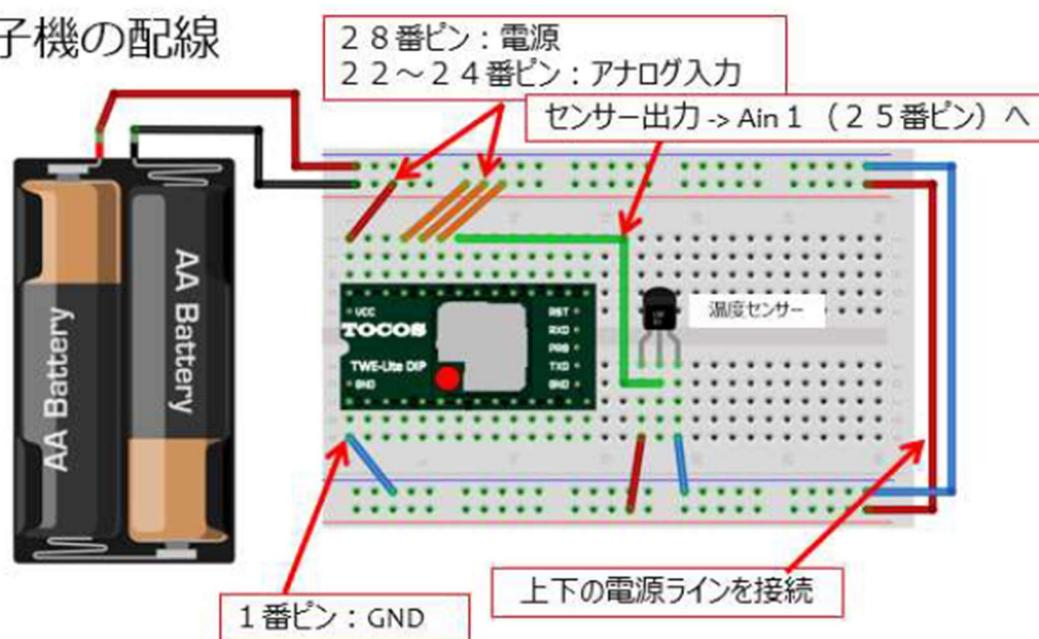


図 4-10

このTWE-Liteに書き込み済みの標準アプリケーションによる無線通信は、「データ受信コマンド」として図 4-11 の電文形式によるシリアル通信で実現されている。先頭が

コロン「:」で始まるテキストデータで、電文の中に含まれる情報は、図 4-11 の様に区切って解釈を行う事になっている。この電文の右側にある太枠で囲んだアナログ入力値と補正值を解析する事により、子機が計測した温度センサーの出力電圧が判明し、それを元に温度の値を変換計算する事が可能となる。

データ受信コマンド

◇先頭はコロン【:】で始まるテキストデータ



図 4-11

アナログ入力値

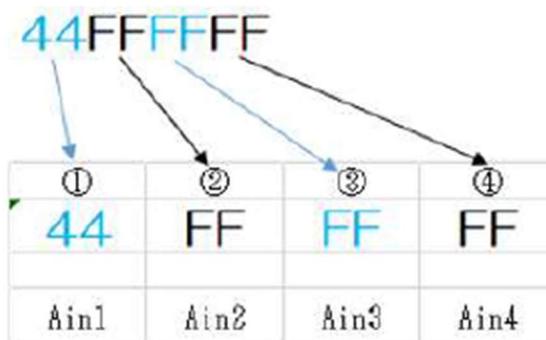


図 4-12

アナログ入力値の部分は図 4-12 のように区切られており、16進数2桁ずつ（1 byte）の文字列となって4ch分送信される。図 4-12 でA i n 1の部分アナログ入力1であり、今回温度センサーを接続する部分のデータとなる。

補正值データ

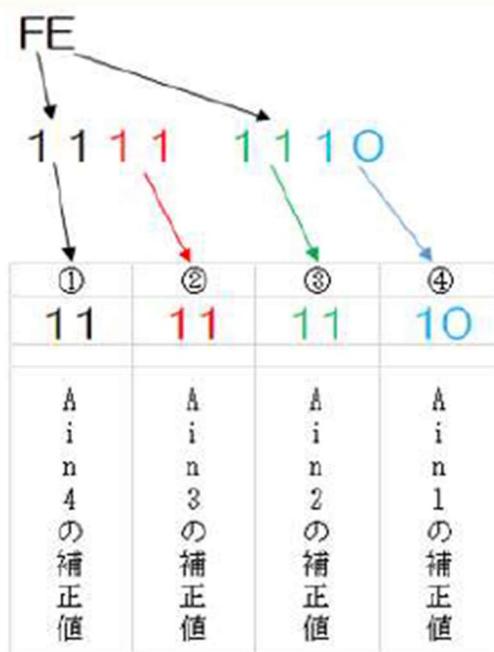


図 4-13

補正值データは、16進数2桁で通知されているものを2bitずつに区切って解釈を行う。各チャンネルの補正值は図 4-13 のように配置されており、ch1の補正を行う場合は、下位2bitを使用する。以下の図 4-14 にアナログ入力値（AD値）と補正值データより測定電圧を求める計算式を記す。

補正を含めた電圧計算

- ◇AD変換の値は標準アプリの中で処理されている.
- ◇計測した電圧の計算は次による.

$$\# \text{ 補正ビットを含めた計算}$$
$$\text{電圧} = ((\text{AD値} \times 4) + \text{ch補正值}) \times 4$$

図 4-14

5. 現地実証のポイント

現地実証テストでは、今回のシステムが現地での実運用が可能であるかの検証を主題とした。本システムのセンサー部は大量のノイズを発生させる可能性がある重機に設置するため、システム上で最も重要なポイントである無線により、センサーからの情報が離れたところにあるタブレットに無線を介して正しく受信できるかを主として検証する事にした。そのため、タブレット側で温度変化確認用に使用するソフトウェアとして、メーカーが開発したTWE-L i t e 連携用の専用アプリケーションであるTWE C o n t r o l の温度グラフ表示機能を使用し、特に以下の点に着目して実証テストを行う事とした。

- (1) 講座で制作したセンサー子機からの温度変化データがスマートフォン（タブレット）親機へ正しく送信されて表示される事を確認する。
- (2) 実証テストパターンとして、子機と親機の通信距離を変えたケース、ノイズの影響を検証するための重機の稼働時・非稼働時のケースで確認する。
- (3) 現地でのセンサー設置位置が確定できないため、何回か設置位置を変更して確認する。

今回の現地実証テストの場所は山間部の屋外であるため、講座で製作したセンサー子機をそのまま利用した場合、雨等による短絡のリスクがあるので回路部分は図 5-1 のような防水ケースに格納して実証する事とした。



図 5-1

その際、回路チップ上のアンテナも防水ケース内に格納されてしまうため、図 5-1 のようにケース外へアンテナを引き出す事とした。また、センサー部の電源に乾電池を使用しているため、図 5-2 のように防水ケース外へ電源スイッチを付加する事で容易に電源の ON/OFF を可能とする事で省電力化を図る事にした。



図 5-2

また、センサーケーブルは高温となる重機エンジンプロックに設置するため、高温に耐えられるよう、図 5-2 のようなフッ素加工の耐熱ケーブルを使用する事とした。さらに、センサーの設置位置を容易に変更可能とするため、センサー部とケーブル部をセパレート可能となるよう、図 5-3 の様にコネクタを付加した。

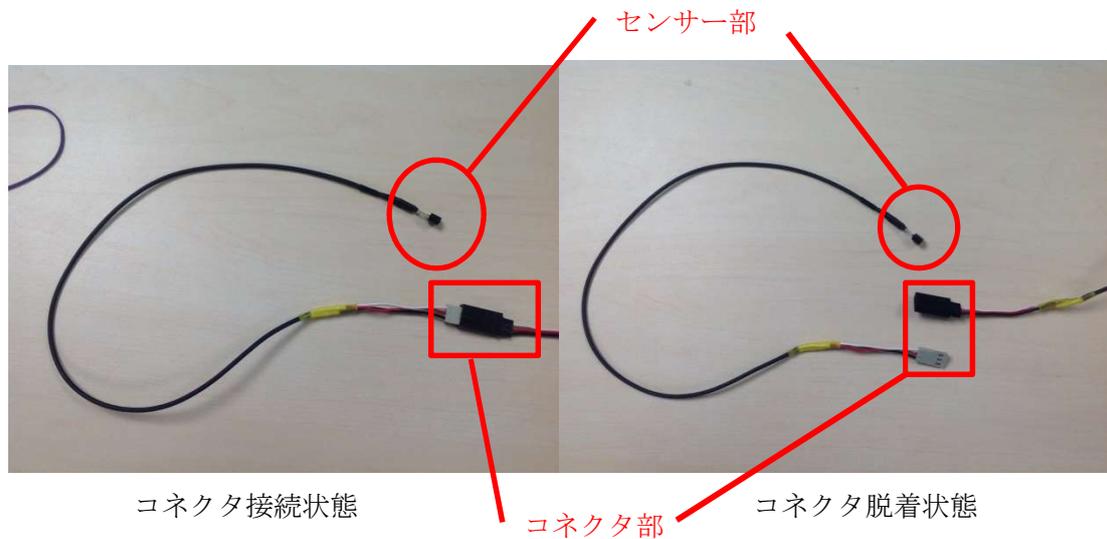


図 5-3

さらに、センサー子機本体の据付位置を容易に変更可能とするように、センサー子機を格納した防水ケースに磁石を取り付けた。以下の図 5-4 に現地実証テスト用センサー子機の内部構成を記す。

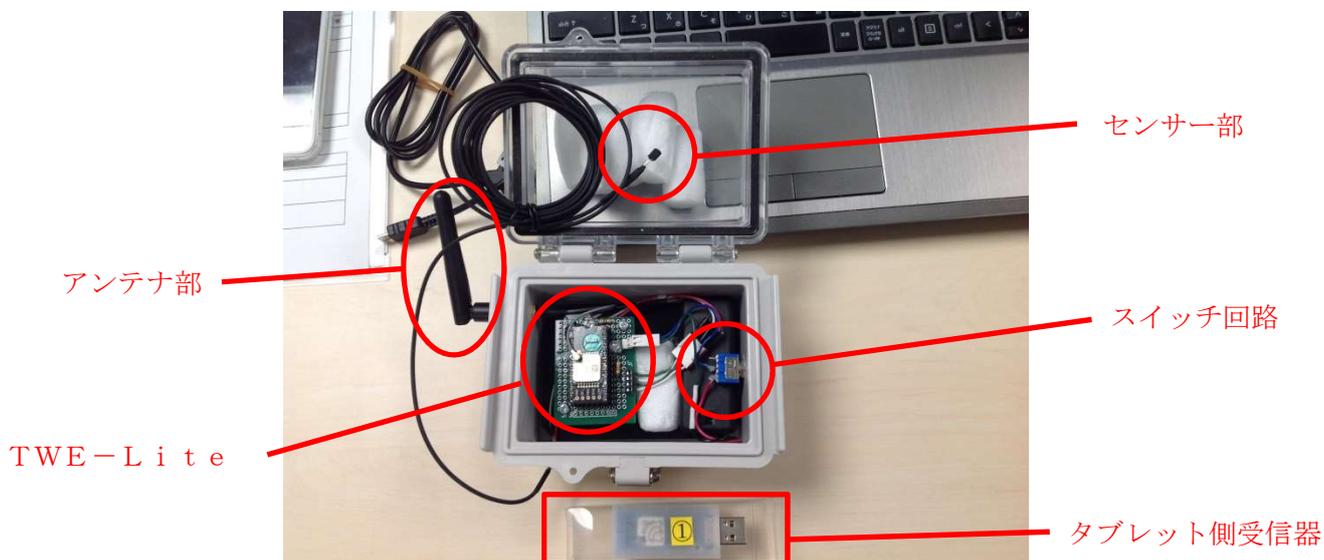


図 5-4

温度管理対象となるチップパー（間伐採をチップ状に砕く重機）への温度センサーの取り付けは、図 5-5 のようにベアリング部分と作動油部分の配管に脱着を容易にするためにアルミテープを使用して設置する事にした。

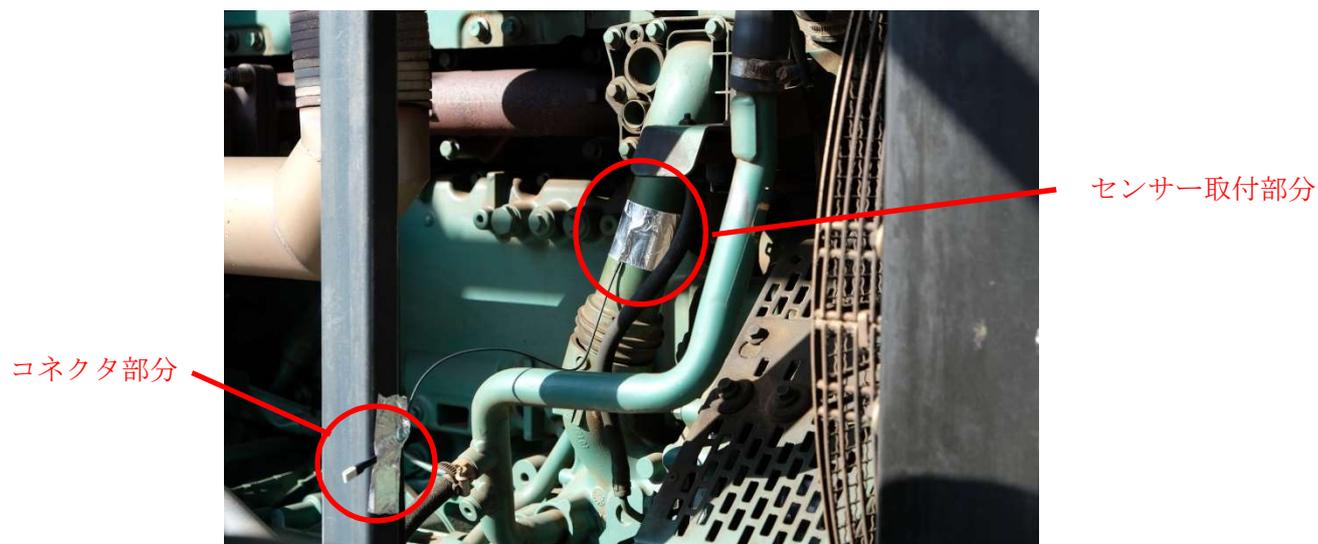


図 5-5

センサー子機本体の据付位置としては、図 5-6 のように温度測定位置近くのチップパーのエンジン部とノイズ影響の少ないチップパー本体の上部に設置して検証する事にした。

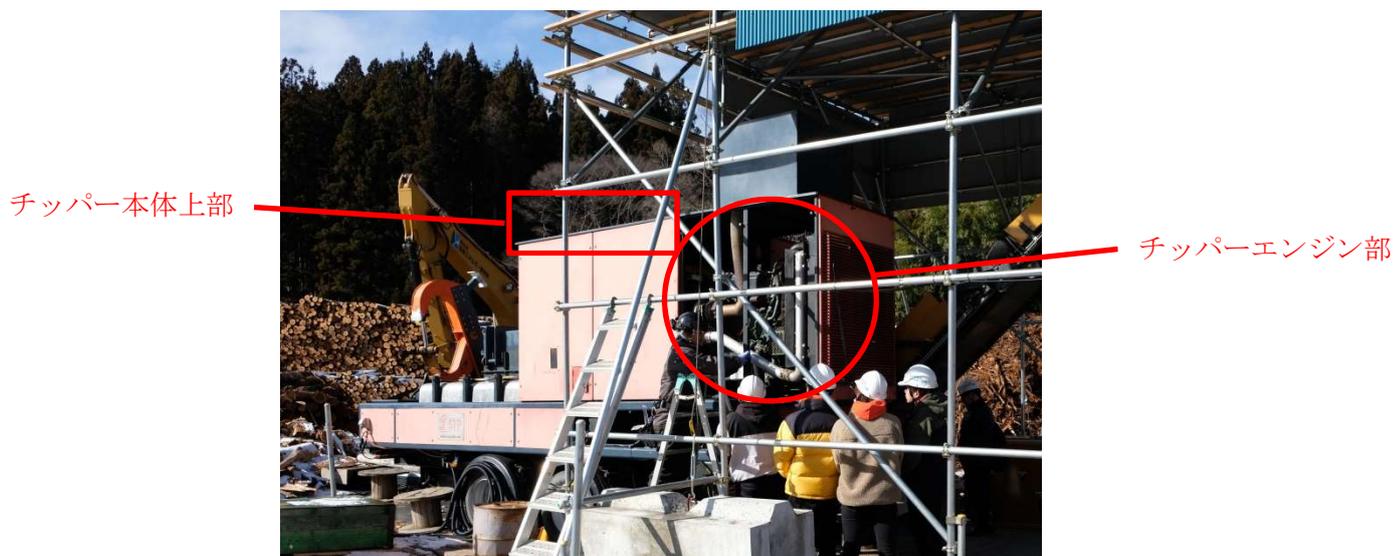


図 5-6

以下の図 5-7 にセンサー子機本体をチップパーのエンジン部近くへの設置した状態、および図 5-8 に動作状態を記す。



図 5-7

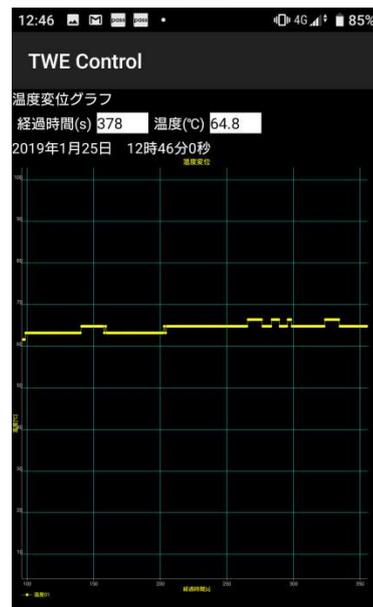


図 5-8

センサー子機から送信された温度データが正しいデータかの検証はチッパー本体のコントロールモニター上の温度とタブレット親機側の温度表示グラフを比較する事で行った。



タブレット使用時グラフ



スマートフォン使用時グラフ

図 5-9

温度データの検証パターンとして、チップパーエンジン停止状態とエンジン動作状態での検証を行い、正しく温度変化している事を確認した。

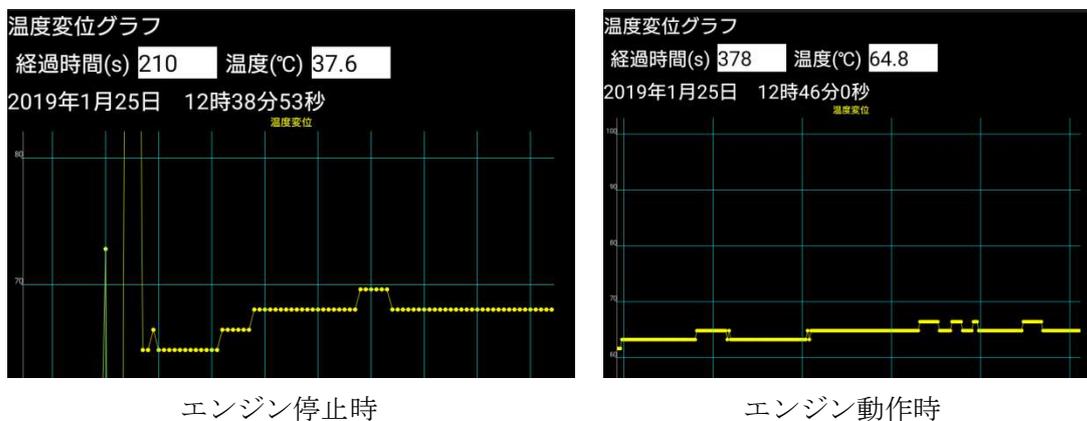


図 5-10

タブレット親機を使用した確認場所として、図 5-11 のようにチップパーから 5～10 m 離れた間伐採をチップパーに送りこむ重機の操縦席上と図 5-12 のようにチップパーから 50 m 程離れた事務所前の 2 カ所で動作させ、正しく温度変化が表示される事を確認した。



図 5-11



図 5-12

今回の現地実証テストとして、以下の表 5-1、表 5-2 のようなテスト項目の組合せを実施し、全ての場合で正常動作を確認した。

送受信テスト部分

送信側位置 / 受信側位置	チッパーエンジン部	チッパー屋根部
重機操縦室	○	○
事務所前	○	○

表 5-1

温度計測テスト部分

計測位置 / 稼働状態	ベアリング部分	作動油部分
エンジン停止状態	○	○
エンジン稼働状態	○	○

表 5-2

6. おわりに

本 IoT 実証講座は、学生主体で制作物のテスト計画と現地での検証を行ったことにより、多くの「気づき」を見出すことができた。講座授業中は、学生が制作過程で使用する部品機材の仕様やその性能の理解度について疑問であったが、実証テスト項目の設定や現地での実証テストが進むにつれてその懸念が払拭された。適切な実証テストを行えたことは、我々の予想以上に講座授業の知識・技術が学生に培われていたことが証明された。

今回の IoT 実証講座は、産学連携の第一歩を踏み出したと捉えている。今後は、現地での重機データを蓄積し、AI を活用した分析により有益な運用効果を発揮できる仕組みを構築することを進めていく。また、今回の IoT 実証講座に限らず異なる場所や環境で取得したデータを連携させるとともに、個々のセンサの特性を共有したり、そこで取得されるデータの標準化を進めていく。

担当

- 1：星 孝
- 2：阿保 隆徳
- 3：坂藤 健
- 4：阿保 隆徳
- 5：阿保 隆徳
- 6：星 孝

全国専門学校電気電子教育研究会加盟校

【会員校】

東北電子専門学校	980-0013	宮城県仙台市青葉区花京院 1-3-1
新潟工科専門学校	950-0932	新潟県新潟市中央区長潟 2-1-4
中央工学校	114-8543	東京都北区王子本町 1-26-17
専門学校東京テクニカルカレッジ	164-8787	東京都中野区東中野 4-2-3
日本電子専門学校	169-8522	東京都新宿区百人町 1-25-4
読売理工医療福祉専門学校	108-0014	東京都港区芝5丁目 26-16
日本工学院専門学校	144-8655	東京都大田区西蒲田 5-23-22
日本工学院八王子専門学校	192-0983	東京都八王子市片倉町 1404-1
名古屋工学院専門学校	456-0031	愛知県名古屋市熱田区神宮 4-7-21
阪神自動車航空鉄道専門学校	660-0893	兵庫県神戸市長田区林山町 27-1
九州電気専門学校	812-0018	福岡県福岡市博多区住吉 4-4-5
麻生情報ビジネス専門学校	812-0016	福岡市博多区博多駅南 2-12-32
熊本工業専門学校	861-8038	熊本県熊本市東区長嶺東 5-1-1

【賛助会員】

株式会社ビーフォーシー	168-0065	東京都杉並区浜田山 4-16-18
-------------	----------	-------------------

紀要 専電研 Vol.2

発行日：平成 31 年 3 月 29 日

発行：全国専門学校電気電子教育研究会

発行者：古賀稔邦

事務局：〒169-8522 東京都新宿区百人町 1-25-4

学校法人電子学園 日本電子専門学校 産学連携教育企画

TEL 03-3369-9333(職員室) E-Mail unno@sendenken.org