

工学実験Ⅳ E1

アグリエンジニアリングのためのデータ取得

■目的 植物工場や農業用ハウスでの環境計測では、温度、湿度、CO₂、照度、土壌水分、溶液 pH、流量、電力など、多項目多点の環境データ収集を必要とする事例が多くなっている。データ収集において有線では配線が多く、配線作業が煩雑、農業作業の障害になるなどから、無線が望ましい。センサユニットには通信機能をもたせ、電池など低電力で長時間使用できる必要がある。また、データは蓄積し、携帯など端末からも随時閲覧できることが望ましい。

2週にわたるこの実習ではこれらのアグリエンジニアリングのためのワイヤレス&IOTによるデータモニタリングを取り上げる。

今週はまず、親機・子機間をデジタル機器用の近距離無線通信規格の一つである ZigBee を用いるとし、子機の入出力をパソコンから操作する方法を身につける。



図1 植物工場や農業用ハウスでの環境データモニタリングシステム

■用語の解説

○無線モジュール：無線を用いて送受信できる機能をもたせた電子的な構成要素(モジュール)であり、マイコンに無線機能が付加されたものが多い。

○ZigBee(ジグビー)：WiFiやBlueToothなどと並び称されるデジタル無線通信規格の一つ。センサーネットワークを主目的とする近距離無線通信規格で、転送可能距離が短く、非常に低速である代わりに、安価で消費電力が少ないという特徴を持つ。従って、電池駆動可能な超小型機器への実装に向いている。基礎部分の(電氣的な)仕様はIEEE 802.15.4として規格化されている。電波法の関係から日本で利用できるのは2.4GHz帯、理論上は250kbpsであるが安定した通信のためには144kbps程度。

■主要パーツ

○TweLite(トワイライト)：モノワイヤレス株式会社により販売されているZigBee規格の約1cm角の無線モジュール。

○MonoStick：TweLiteとアンテナを搭載し、USBに接続して使用する無線モジュール。パソコンに接続し、複数の子機からの情報収集をする親機として使用されることが多い。

○TweLiteDip：TweLiteとアンテナを搭載したICピッチ2.54mmのDIP型の無線モジュール。センサやアクチュエータなどに直接接続し、これらとの間に有線通信ができるため、子機として使われることが多い。TweLiteRを使ってCOMポートに接続できる。設定変更、プログラムの書換え可。

○TweLiteR：TweLiteDipをUSBに接続するためのアダプタ。TweLiteDip内の設定変更

やプログラムの書き込みに利用される。



MonoStick
無線モジュールスティック

TweLiteDip
無線モジュール DIP

TweLiteR
USB アダプタ

図 2 主要パーツ

■TweLiteDip のピン配置

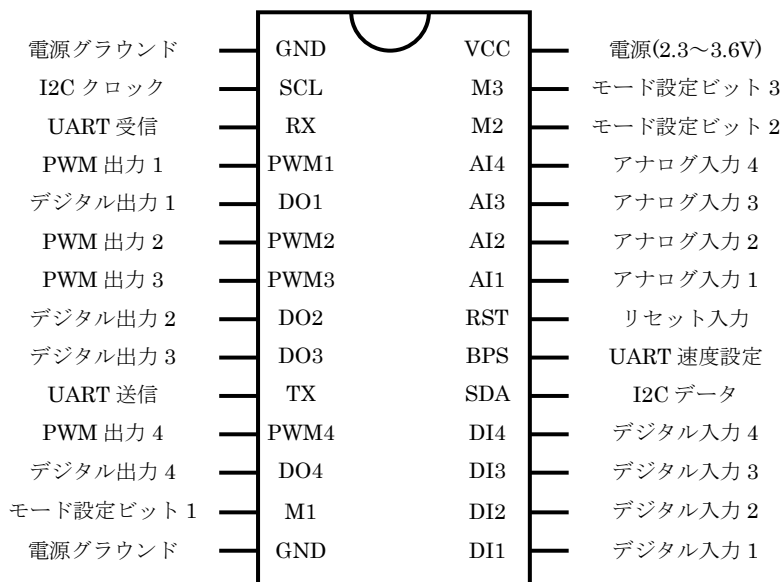


図 3 TweLiteDip のピン配置

■関連アプリ

○**TeraTerm** : 1994 年に寺西高氏により開発された, 端末からサーバを利用できるようにした Windows 用の通信アプリケーション. Telnet プロトコルを利用している. このアプリケーションはサーバへの接続に, Windows 環境のシリアルポートである COM ポートを利用しており, この機能を利用してシリアルポートに接続されたモジュールと通信することができる.

○**KawashimaProgram** : TeraTerm を使わずに今回使用するシリアルポートに接続された無線モジュール TweLite と双方向通信ができ, 同じアプリケーション ID をもつ別の TweLite の出力を簡単に設定できるようにしたアプリケーション. 2017年に川島君(5年生)により開発された.

■参考

1. 大澤文孝, 「TWE-Lite ではじめるカンタン電子工作」, 工学社, 2014.
2. 大澤文孝, 「TWE-Lite ではじめる「センサー」簡単電子工作」, 工学社, 2015.
3. <https://mono-wireless.com/jp/>

■実習内容

○実習 1 : TeraTerm を用いた無線モジュールのモニタリング

実習内容 : TeraTerm を用いて, 二つの無線モジュール MonoStick と TweLiteDip の双方から送られてくる情報を確認する.

構成 : パソコン(TeraTerm)&MonoStick&TweLiteDip&TweLiteR&USB ケーブル(図 4)



図 4 接続の様子

(1) パソコンの 2 つの USB 端子に MonoStick(無線モジュールスティック)と, TweLiteDip(無線モジュール Dip)を TweLiteR を通して接続する.

(2) TeraTerm を起動. 「新しい接続」として「シリアル」を選択, MonoStick(親機とする)の COM-Port を選んで OK ボタンをクリック. メニューの「設定」から「シリアルポート」を選択し, ボー・レートを「115200」に変更後, OK ボタンをクリック. 無線モジュールの設定が適切にされていれば, この時点で TeraTerm のモニタ画面上に, 子機の状態が親機を通じて, 次々と表示される(ターミナルモード). TeraTerm の使用法は Appendix1 の「TeraTerm の使用法」を参考にする.

表示例 : :78811501C08102E2A800308D000CFC2100004C1D2C254A3A

*表示されない場合は MonoStick の設定が適切でない可能性がある. Appendix2 の「TweLite の設定」を参考にして, ApplicationID や DeviceID を適切に設定する.

(3) TeraTerm をもう一つ起動し, 今度は TweLiteDip(子機とする)の COM-Port を選んで同様に設定. TweLiteDip が適切に設定されていれば, この時点で 2 つ目の TeraTerm のモニタ画面上に, 親機の状態が子機を通じて, 1000ms 毎に表示される.

表示例 : :00811501BD8102F252785C2B000CAD268000FFFFFFFFFFFF8C

*表示されているデータの意味は, 以下の実験で確認するのでここでは表示されるのが確認できればよしとする.

○実習 2 : 親機(スティック)と子機(TweLiteDip)の間の up 通信

実習内容 : 子機に周辺回路を接続し, 回路中のタクトスイッチの ON・OFF の状態が, 親機を通して表示画面上に反映されていることを確認する.

構成 : パソコン(TeraTerm)&MonoStick&TweLiteDip&テストボード(回路図 6)&電池ボックス

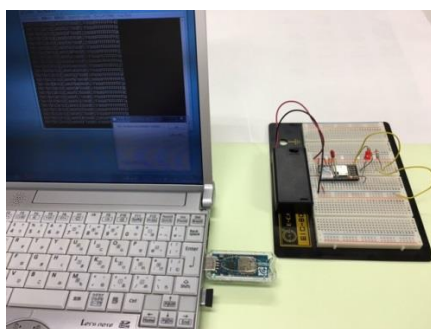


図 5 接続の様子

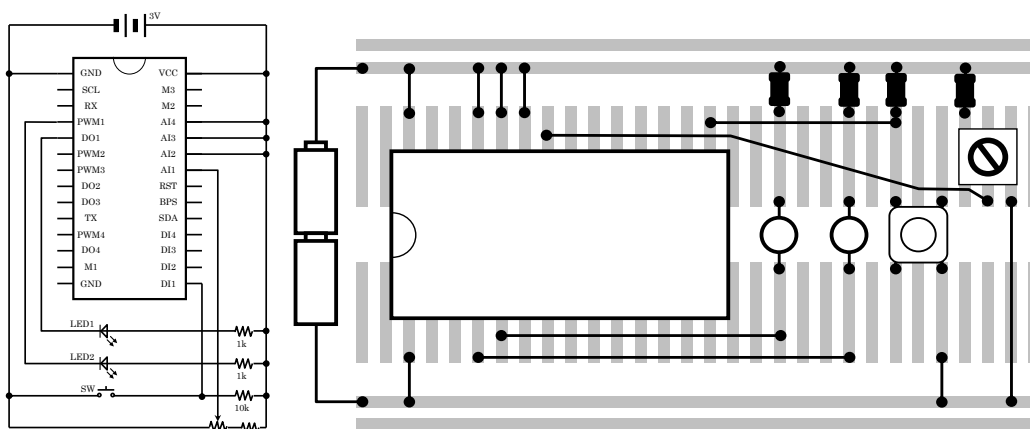


図 6 回路図と配線図(TweLiteDip&テストボード&電池ボックス)

- (1) テストボードに図 6 に示す回路を構成する.
- (2) USB 端子に MonoStick を接続する.
- (3) TeraTerm を立ち上げ, 必要な設定をして, 親機を通して子機の状態を表示する.
- (4) タクトスイッチを ON・OFF し, その状況が表示画面上の先頭から 33, 34 文字目のデータに反映されていることを確認する. 34 文字目は ON のとき「0」, OFF のときに「1」となり, 33 文字目は変更がない場合は「8」, 変更がある場合は「0」になる.
- (5) ターミナルモードに表示されるデータの意味は, Appendix3 の『超簡単! TWE 標準アプリ』を搭載した TweLite の監視』に記されている. これを確認する.

○実習 3 : 親機(スティック)と子機(TweLiteDip)の間の down 通信

実習内容 : TeraTerm の編集機能を用いて, 子機側の LED1 の ON・OFF を制御する.

構成 : パソコン(TeraTerm)&MonoStick&テストボード(回路図 6)&電池ボックス

(1) 子機の実出力を変更するには, 親機を通して必要なデータを送信する必要があり, 親機へのこの送信方法は, Appendix4 の『超簡単! TWE 標準アプリ』を搭載した TweLite への出力操作」に記しているので確認する.

(2) パソコンのエディタ(メモ帳でよい)を用いて, あらかじめ次のような送信データを作成しておく.

:7880010101FFFFFFFFFFFFFFFFFX (点灯)

:7880010001FFFFFFFFFFFFFFFFFX (消灯)

先頭の「:」を忘れずに入れておく. 上下のデータの違いは 8 バイト目の「1」と「0」にあり, このビットが「1」のとき DO1 を Low に, 「0」のとき DO1 を High にする. ここに接続された LED は抵抗を通して+側に接続されているから, 「1」のとき点灯, 「0」のとき消灯となる.

(3) 送信したいデータをエディタのコピー機能を使ってクリップボードに書き込んでおく. TeraTerm のターミナルモードでメニューの「編集」を押し, 「貼り付け(P)」を選択すると, クリップボードの内容が送信され LED が点灯もしくは消灯する. 表示される. ここに次のデータのどちらかを書き込み OK ボタンを押し, LED の点灯の状態を確認する. 「貼り付け<CR>」を選択するとクリップボードの内容の確認および修正ができる.

○実習 4 : アナログ量のデジタル通信

実習内容 : アナログ量のデジタルデータ入力と PWM 出力の確認

構成 : パソコン(TeraTerm)&MonoStick&テストボード(回路図 6)&電池ボックス

(1) 可変抵抗(DI1 に接続)を摺動させ, ターミナルモードに表示されるデータから, アナログ量の変化をデジタルで読み取れるか(37, 38 バイト目)を確認する.

(2) パソコンのエディタ(メモ帳でよい)を用いて, あらかじめ次のような送信データを作成しておく.

:788001010103FFFFFFFFFFFFFFFFFX

:78800101010000FFFFFFFFFFFFFFFFFX

上下のデータの違いは 11~14 バイト目にあり, 最小が「0000」, 最大で「03FF」である. このデータの詳細は Appendix4 を参考にされたい. あとは実習 3 (3)の要領で送信し, LED2 の点灯の具合を確認する. 送信データを変更し, LED1 と比較して感覚的に半分程度の輝きとなるときのこの 4 バイトデータを報告すること.

○実習 5 : 「KawashimaProgram」を使った通信

実習内容 : 「KawashimaProgram」を用いると、親機・子機のデジタル出力と PWM 出力を簡単に設定でき、また TeraTerm のターミナルモードの表示と同じ表示もできる。このターミナルモードの表示画面で DI1 および AI1 の変化を観察し、さらに送信機能を用いて、LED1 および LED2 を操作してみる。

構成 : パソコン & 「KawashimaProgram」 (by 川島 H29 年 5 年生) & MonoStick & テストボード(回路図 6) & 電池ボックス

- (1) 「KawashimaProgram」アプリを立ち上げ、シリアルポートの設定、シリアルポートの接続をする。
- (2) ターミナルモードでデジタル入力、アナログ入力の変化が反映していることを確かめる。
- (3) 送信機能を用いてデジタル出力(LED1)、PWM 出力(LED2)ができることを確認する。

○実習 6 : 2 つの TweLiteDip 間の双方向通信

構成 : パソコン(TeraTerm) & TweLiteR & TweLiteDip
+ テストボード(回路図 6) & 電池ボックス

- (1) 二人でペアを組む。
- (2) パソコン(TeraTerm) & TweLiteR & TweLiteDip を使用して、双方の TweLiteDip の Application ID を同じものに設定する。Appendix2 を参照。
- (3) 双方の TweLiteDip のどちらか一方を親機、もう一方を子機に設定するよう Device ID を書き換える。Appendix2 を参照。(親機のデバイス番号は「00」だが、「121」で設定。子機のデバイス番号は「78」だが、「120」で設定。)
- (4) 親機も子機も図 6 の回路に TweLiteDip をセットする。
- (5) 双方のタクトスイッチの ON・OFF がもう一方の LED に反映することを確認する。
- (6) 双方の可変抵抗の調整により、もう一方の LED の輝度が調整できることを確認する。
- (7) 終了後は、TweLiteDip の Application ID を Device ID を元に戻しておく。Appendix2 を参照。

■報告

以下を A4 用紙 2 枚にまとめ、表紙をつけレポートとする。

- (1) 今回の実習の全体像がわかるよう図を添えて目的を記す。
- (2) 実習 1~6 で確認できた内容を記す。
- (3) 次の用語 Telnet, WiFi, Bluetooth, ZigBee について調べ、説明を記す。

■Appendix1 TeraTerm の使用法

○TweLite の操作(監視, 出力制御, 基本設定)に TeraTerm を使う. TeraTerm はフリーソフト. 提供するサイトからダウンロードしてインストールする.

○TeraTerm を起動すると, 接続先を選択する「TeraTerm 新しい接続」という画面が開く.

(1) ここで「シリアル」を選択, 接続する COM-Port を選んで OK ボタンクリック.

(2) 次にメニューの「設定」から「シリアルポート」を選択し, ボー・レートを「115200」に変更後, OK ボタンクリックする. 無線モジュールの設定がされていれば, この時点で TeraTerm のモニタ画面上に, 接続した無線モジュールと通信しているモジュールの状況が次々と表示される.

■Appendix2 TweLite の基本設定

○TeraTerm の表示画面は, 起動時の画面の他に 2 種類あり, 受信データが次々に表示される画面と TweLite の通信グループや周波数チャンネルなどの基本設定をするための画面がある. 前者をターミナルモード, 後者をインタラクティブモードとよぶことにする. ターミナルモードからインタラクティブモードに切り替えるためには, 対応する TeraTerm 画面上にカーソルをおき, キーボードからゆっくりと「+」を 3 回キーインする. インタラクティブモードからターミナルモードに切り替えるときも, 「+」を 3 回キーインする.

○インタラクティブモードで TweLite の設定をする場合は次のように行う.

- ① Application ID の設定 : 複数の TweLite をグループに分けて送受信できるようにするにはグループごとに異なる Application ID を設定する. 実験者が使用する 2 機の Application ID はそろえる必要があるが, 他の実験者とは異なるようにする. そうしないと混信する. インタラクティブモードにおいて, 「a」を押して, 16 進 8 桁 Application ID を設定する. (実験室では 630422XX としている. XX はセットの番号 01~10)
- ② Device ID の設定 : TweLite の親機・子機は, Device ID により設定する. インタラクティブモードで「i」を押して, 親機側には「121」を, 子機側には「120」を入力する.
- ③ 最後に「shit+S」を押すと, 設定されたデータが TweLite に書き込まれ, ターミナルモードに戻る.

■Appendix3 「超簡単! TWE 標準アプリ」を搭載した TweLite の監視

「超簡単! TWE 標準アプリ」を搭載した TweLite から, ターミナルモードで受信されたデータの例を図 7 に示し, その構造を以下に説明する.

```

:78 81 15 01 C0 8102E2A8 00 308D 00 0CFC 21 00 00 4C1D2C254A 3A
 ① ② ③ ④ ⑤      ⑥      ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬      ⑭      ⑮
    
```

				⑧	21~24	タイムスタンプ
①	1~2	送信元のデバイス番号		⑨	25~26	中継フラグ
②	3~4	コマンド番号		⑩	27~30	電源電圧
③	5~6	パケット識別子		⑪	31~32	未使用
④	7~8	プロトコルバージョン		⑫	33~34	デジタル入力値
⑤	9~10	受信電波品質		⑬	35~36	デジタル入力の変更状態
⑥	11~18	相手の個体識別番号		⑭	37~46	アナログ入力値と補正值
⑦	19~20	あて先端末のデバイス ID		⑮	47~48	チェック・サム

図 7 受信データの構造

- ① 送信元のデバイス番号: データを送信したモジュールのデバイス番号, 親機だと「00」, 子機だと「78」.
- ② コマンド番号: 受信の時はいつも「81」.
- ⑤ 受信電波品質(LQI): 50 以下だと 80dBm 未満, 100 以上だと良好.
- ⑥ 相手の个体識別番号: データを送信してきたモジュールの 4 バイトの識別番号.
- ⑦ 宛先端末のデバイス ID: 受信側のモジュールのデバイス ID.
- ⑩ 電源電圧: 送信モジュールの電源電圧. この例では「0CFC」10 進では「3340」で, 「3.340mV」を表している.
- ⑫ デジタル入力値: デジタル入力 DI1~DI4 の入力をそれぞれ 1bit 目~4bit 目までに 対応させ表示.
- ⑬ デジタル入力の変更状態: 前回と比べて変化したら該当ビットが「1」になる.
- ⑭ アナログ入力値と補正值: この例の先頭の「4C」から, アナログ入力 AI1 が, $0x4C \times 16 = 1216$ で 1216mV を表している. 2000mV 以上は 2000mV として表示される.

■Appendix4 「超簡単! TWE 標準アプリ」を搭載した TweLite への出力操作

送信したいいくつかのデータをあらかじめメモ帳に書いておく. この中から実際に送信したいデータをコピーしてクリップボードに入れる. ターミナルモードからメニューの「編集」を押し, 「貼り付け(CR)」を選択すると, クリップボードの内容が表示されるので, 送信したいデータか確認し, 良ければ OK ボタンを押すと, 対応する TweLite(「超簡単! TWE 標準アプリ」を搭載)へ送信される.

送信データの例を図 8 に示し, その構造を以下に説明する.

```
:78 80 01 00 01 FFFF FFFF FFFF FFFF X
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥-1 ⑥-2 ⑥-3 ⑥-4 ⑦
```

			⑥-1	11~14	PWM 出力 1
①	1~2	あて先のデバイス番号	⑥-2	15~18	PWM 出力 2
②	3~4	コマンド番号	⑥-3	19~22	PWM 出力 3
④	7~8	デジタル出力の状態	⑥-4	23~26	PWM 出力 4
⑤	9~10	デジタル出力マスク	⑦	27~28	チェック・サム

図 8 送信データの構造

- ① あて先のデバイス番号: 送信先のモジュールのデバイス番号, この例のように「78」だと全子機宛てのデータであることを表す.
- ④ デジタル出力: 指定したいデジタルデータを表す. 下位ビットから「DO1」~「DO4」に対応する. 「1」を指定すると Low, 「0」を指定すると High を出力する.
- ⑤ デジタル出力のマスク: ④の出力を適用するかどうかのマスク値. この例のように「01」だと最下位ビットのみ有効となる.
- ⑥ PWM 出力: 出力する PWM のデューティ比をそれぞれ 2 バイトで指定する. 「0000」は 0%, 「03FF」は 100%, 指定しない場合は「FFFF」. 出力は回路図から, Low で点灯, High で消灯となるので注意すること.
- ⑦ チェック・サム: データが正しいかどうかを確認するために付加される 2 バイトのデータ. チェックをしない場合は, 例題のように「X」とするとよい.