

Remote Sensor Project

S.Matoike

2024 年 4 月 29 日

目次

1	リモートマシン	2
1.1	リモート機器、センサー	2
1.2	リモート処理の概要	2
2	ローカルマシン	5
2.1	ローカル機器	5
2.2	cron による時刻指定の処理	5
2.3	リモートセンサの処理をローカルマシンから起動する	7
2.4	日毎の処理	8
2.5	日毎処理のプログラム	9
2.6	グラフ描画のための関数 (myplot.py)	10
2.7	週毎の処理	12
2.8	週毎処理のプログラム	12
2.9	測定データのグラフを実時間で作図する	15
3	新たなシステムへの移行手順	20
3.1	ローカルマシンの移行	20
3.2	リモートマシンの移行	22
4	参考文献	23

1 リモートマシン

1.1 リモート機器、センサー

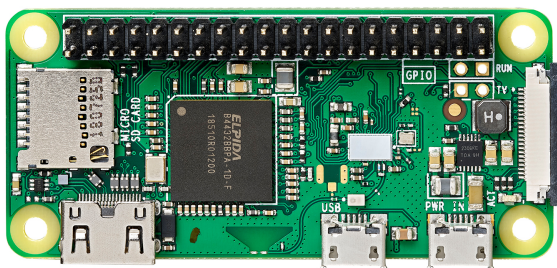


図1 Raspberry Pi Zero WH



図2 ADRSZOD:TP401A

1.2 リモート処理の概要

- Raspberrin Pi Zero WH 上に用意したこの shell (sensor.sh) は、別の RaspberryPi マシンから ssh によって起動される
- i2C で接続された臭気センサの出力(電圧値)は、Python のプログラム (adrszOD.py) によって読み取ることができる
- adrszOD.py は ch1 から ch4 までの値を出力しているので、その出力を awk にパイプして、1 つ目の ch1 の値だけを取り出している
- date コマンドで作成している測定日付は、後ほど Python の matplotlib の都合に合わせて、新たにデータの整形処理が必要になることのない様、書式を「年-月-日と時:分:秒の間は、半角カンマ+半角スペース 1 個」の格好になるように整形している
- 日付とセンサの出力する値が 1 行になる様にするため、paste コマンドを使っている
- paste の 2 つのオペランド、<(date +....) と、<(python3 adrszOD.py...) の各々のコマンドを、<(any command) の形に囲むことにより、2 つのファイルの様に扱う

ことができる（プロセス置換^{*1}）

```
/home/mat/Documents/sensor.sh  
#!/usr/bin/bash  
dir='/home/mat/Documents'  
paste <(date +%Y-%m-%d,\ %H:%M:%S) \  
<(python3 "${dir}"/adrsz0D.py | awk '{print $1}')
```

sensor.sh の出力例

```
mat@raspberrypizero:~/Documents $ ./sensor.sh  
2024-04-17, 02:40:55 ch1:0.79827  
mat@raspberrypizero:~/Documents $
```

^{*1} 「Efficient Linux コマンドライン」オライリー・ジャパン 初版第 1 刷の p.156 に、プロセス置換の解説がある

/home/mat/Documents/adrszOD.py

```
#!/usr/bin/env python
import smbus
import time

i2c = smbus.SMBus(1)
addr=0x68
Vref=2.048

def swap16(x):
    return ((x << 8) & 0xFF00) | ((x >> 8) & 0x00FF))

def sign16(x):
    return ( -(x & 0b1000000000000000) | (x & 0b0111111111111111) )

def readval(x):
    i2c.write_byte(addr, x) #16bit
    time.sleep(0.2)
    data = i2c.read_word_data(addr,0x00)
    raw = swap16(int(hex(data),16))
    raw_s = sign16(int(hex(raw),16))
    volts = round((Vref * raw_s / 32767),5)
    return volts

if __name__=="__main__":
    volts1 = readval( 0b10011000 )
    volts2 = readval( 0b10111000 )
    volts3 = readval( 0b11011000 )
    volts4 = readval( 0b11111000 )
    out_msg = 'ch1:' + str(volts1) + ' ,ch2:' + str(volts2)+\
        ' ,ch3:' + str(volts3)+ ' ,ch4:' + str(volts4)
    print(out_msg)
```

2 ローカルマシン

2.1 ローカル機器

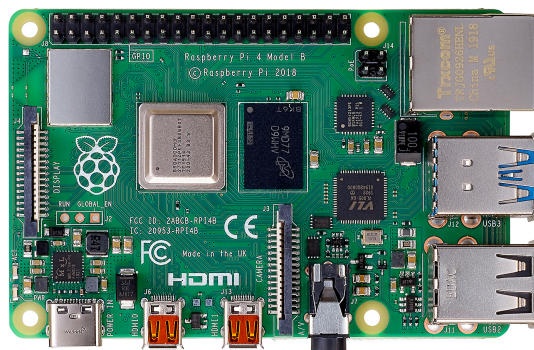


図3 Raspberry Pi

2.2 cron による時刻指定の処理

cron の仕組みを使うことにする（3つの時刻指定の処理を登録している）

- (1) 5分ごとに、リモートセンサの値を読み取る処理、rsensor.sh を起動する
- (2) 毎日 23 時 56 分になったら、その日 1 日分の測定データを退避する処理、daily.sh を起動する
- (3) 毎週日曜日の朝 0 時 1 分になったら、先週 1 週間の（先週の日曜日の 0 時 0 分から昨日の土曜日の 23 時 55 分まで 5 分間隔で測定した）測定データをまとめる処理、weekly.sh を起動する

```
crontab -e  
MAILTO=""  
*/5 * * * * sh /home/mat/Documents/rsensor.sh  
56 23 * * * sh /home/mat/Documents/daily.sh  
1 0 * * Sun sh /home/mat/Documents/weekly.sh
```

ここで、MAILTO="" としているのは、「指定時刻に cron が処理を起動したよ」というメールを送信するために smtp を起動しようとして失敗し、指定の処理が起動されないと

いう現象に対する対応である*²

```
+----- minute (0 - 59)
|  +----- hour (0 - 23)
|  |  +----- day of month (1 - 31)
|  |  |  +----- month (1 - 12)
|  |  |  |  +---- day of week (0 - 6) (Sunday=0 or 7)
|  |  |  |  |
*  *  *  *  *  command to be executed
```

*² postfix や sendmail など、SMTP の何某かをインストールせよという説もあるが、特にメールの知らせが不要ならこのやり方が最も簡易な解決方法になる

2.3 リモートセンサの処理をローカルマシンから起動する

リモート (192.168.3.27) の Raspberry Pi Zero WH に接続されている臭気センサの値を読みとる shell (sensor.sh) を、ローカル (192.168.3.21) のマシン Raspberry Pi から ssh を使って起動するための shell (rsensor.sh) であり、cron によって 5 分ごとに起動される

この時 ssh から、リモートマシン (Pi Zero) のユーザ (今の環境では mat) のパスワードを要求されるが、人手によるインタラクティブな入力操作を想定していないので、予め sshpass を導入しておいて、それによってパスワードを自動応答させる様にしている

ssh でリモートの shell を実行した結果を受け取り、ローカルの w.txt に追記し蓄積している

```
/home/mat/Documents/rsensor.sh  
#!/usr/bin/bash  
### sudo apt install -y sshpass ###  
dir='/home/mat/Documents'  
addr='192.168.3.27'  
usr='mat'  
pwd='mypassword'  
sshpass -p "${pwd}" ssh "${usr}"@"${addr}" "${dir}"/sensor.sh \  
>> "${dir}"/w.txt
```

w.txt の様子は、tail -f w.txt などしてみると、5 分ごとに起動された shell (rsensor.sh) によって、測定結果が蓄積されていく様子がわかる (このファイルは、1 日の終わりの処理で 2024-04-16.txt の様に、日付をつけたファイル名に変えて保存している)

```
w.txt -> 2024-04-16.txt  
2024-04-16, 00:35:04 ch1:1.0896  
2024-04-16, 00:40:04 ch1:1.09016  
2024-04-16, 00:45:04 ch1:1.09322  
....  
2024-04-16, 23:45:04 ch1:0.9059  
2024-04-16, 23:50:04 ch1:0.99653  
2024-04-16, 23:55:04 ch1:0.98809
```

2.4 日毎の処理

毎日の 23 時 55 分に、その日の最後の測定が終わる事を前提として、cron には 23 時 56 分になったら次の shell (dayly.sh) を起動する様にしている

現在時刻が 23 時 55 分を超えていることを確認した上で、次のことを行っている

- 蓄積された 1 日分の測定データ w.txt を、bkup.txt という名前のファイルにコピーしている
- w.txt を、data フォルダ以下に、「今日の日付.txt」 という名前に変更して保存している
- 空のファイル w.txt を次の日の測定データの蓄積場所のために用意している (touch)
- Python の仮想環境 venv11 に入って、dayly.py を起動している (第 1 引数に data フォルダ以下に保存した測定データファイルの名前=年月日を指定している)
- プログラムの実行を終えたら、Python の仮想環境 venv11 から抜けている

/home/mat/Documents/dayly.sh

```
#!/usr/bin/bash
dir='/home/mat/Documents'
dates='date +%Y-%m-%d'
hour='date +%H'
minu='date +%M'
if [ "${hour}" -ge 23 ]; then
    if [ "${minu}" -gt 55 ]; then
        cp "${dir}"/w.txt "${dir}"/bkup.txt
        mv "${dir}"/w.txt "${dir}"/data/"${dates}".txt
        touch "${dir}"/w.txt
        source "${dir}"/venv11/bin/activate
        "${dir}"/venv11/bin/python3 "${dir}"/dayly.py "${dates}"
        deactivate
    fi
fi
```


2.5 日毎処理のプログラム

- myplot.py から、graph_plot() 関数を import している（この関数の詳細は後述）
- 第 1 引数に指定があったら、そこで指定された日付のデータを元に、グラフを描画できる様にしている
- 指定のデータファイルを開いて、最初の 20 文字までは、予め matplotlib の dates に対応した様式の日付文字列にしているので、それを Unix の日付けに変換している
- 25 文字目以降は、測定した電圧の値だが、改行文字が付いていたりするので、.strip() によってホワイトスペースを除去して、実数に変換している
- 日付と電圧のリストを作って、それを graph_plot() 関数に渡して作図させている

```
/home/mat/Documents/dayly.py
import sys
from datetime import datetime as dt
import matplotlib.dates as mdates
from myplot import graph_plot

dirstr = '/home/mat/Documents'
today = dt.now().strftime('%Y-%m-%d')
if len(sys.argv) > 1:
    today = sys.argv[1]

list0=[]
with open(dirstr + "/data/" + today + ".txt") as f:
    for line in f:
        datestr = line[:20].strip()
        datev = mdates.datestr2num(datestr)
        value = float(line[25:].strip())
        list0.append([datev, value])

graph_plot(list0, dirstr, today, False)
```

この Python のプログラムを実行した結果として、次の様な 1 日分のデータの変化をグラフ化したものが得られる（これは figs フォルダ以下に「今日の日付.png」という名称で保存している）

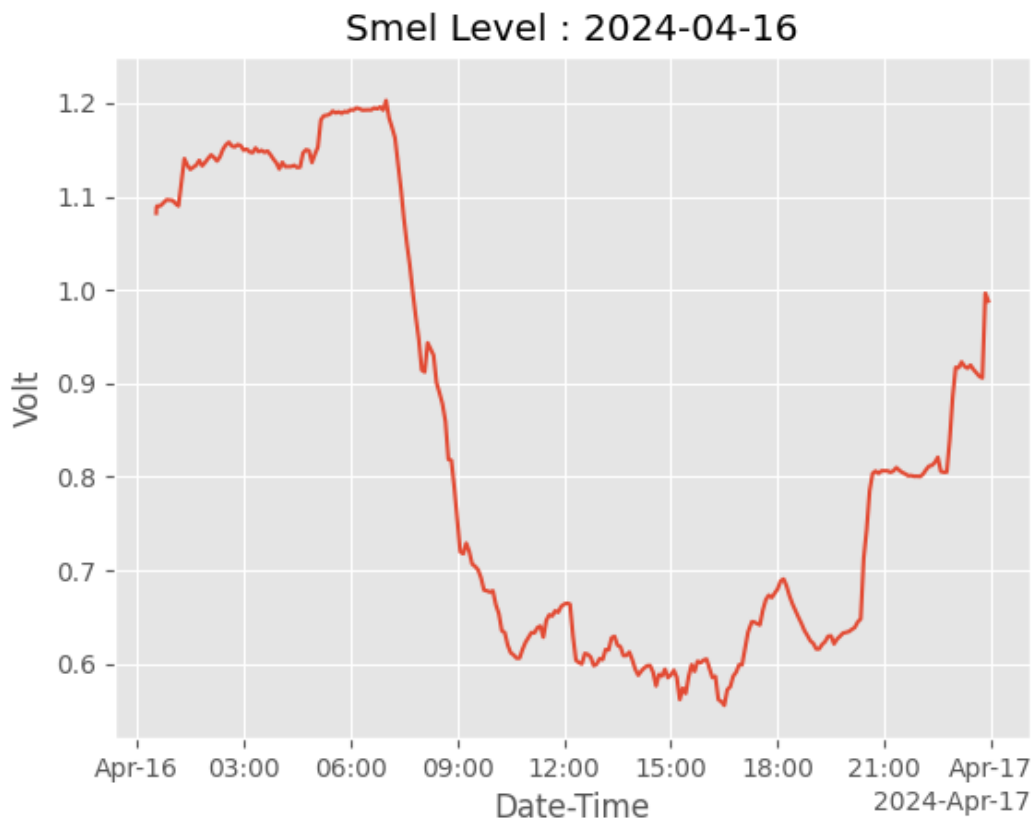


図4 daily.py の出力（4月16日の0時から24時まで）

2.6 グラフ描画のための関数（myplot.py）

daily.py と weekly.py で共通に呼び出している graph_plot() 関数を定義している
横軸に日付と時刻（データは5分毎）を置くため、少し工夫が必要になる

ポイントは、matplotlib が理解する日付の様式で書いたものを使うと、matplotlib の dates に、locator と formatter を自動生成させて、それ以下の全てを任せきることができる^{*3}

^{*3} https://matplotlib.org/stable/api/dates_api.html の記事が参考になる

/home/mat/Documents/myplot.py

```
import numpy as np, pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt, style, dates as mdates

def graph_plot(list0, dirstr, datestr, weekly=False):
    df = pd.DataFrame(list0, columns=["DateVal", "Value"])
    matplotlib.style.use('ggplot')
    fig, ax = plt.subplots()
    x = df.loc[:, "DateVal"].values
    y = df.loc[:, "Value"].values
    locator = mdates.AutoDateLocator()
    formatter = mdates.ConciseDateFormatter(locator)
    ax.xaxis.set_major_locator(locator)
    ax.xaxis.set_major_formatter(formatter)
    ymax = np.array([y.max(), 1.45]).max()
    ymin = np.array([y.min(), 0.25]).min()
    ax.set_ylim([ymin, ymax])
    ax.set_xlabel('Date-Time')
    ax.set_ylabel('Volt')
    if weekly:
        titlestr = "Smel Level : " + datestr + "(Weekly)"
        figpath = dirstr + "/figs/" + "Weekly_" + datestr
    else:
        titlestr = "Smel Level : " + datestr
        figpath = dirstr + "/figs/" + datestr
    ax.set_title(titlestr)
    ax.plot(x, y)
    fig.savefig(figpath + '.png')
    plt.show()
```

2.7 週毎の処理

この処理は cron によって、毎週日曜日の朝 0 時 1 分に起動される

この shell (weekly.sh) では、0 時 0 分より後の時刻ならば仮想環境 venv11 に移って、Python のプログラム (weekly.py) を起動し、終わったら仮想環境から抜けている

Python のプログラムは、第 1 引数に日付を受け取ることができるようにしている

```
/home/mat/Documents/weekly.sh  
  
#!/usr/bin/bash  
dir='/home/mat/Documents'  
dates='date +%Y-%m-%d'  
hour='date +%H'  
minu='date +%M'  
if [ "${hour}" -ge 0 ]; then  
    if [ "${minu}" -gt 0 ]; then  
        source "${dir}"/venv11/bin/activate  
        "${dir}"/venv11/bin/python3 "${dir}"/weekly.py "${dates}"  
        deactivate  
    fi  
fi
```

2.8 週毎処理のプログラム

- myplot.py から graph_plot() 関数を import している
- 第 1 引数で処理対象にする最終日付を受け取ることができるようにしている
- 指定された処理対象の最終日付から、7 日前の日付を求めて、7 日間の日付のリスト datelist を作っている
- 7 日間の日付リスト datelist から 1 日ずつ取り出しては、そのファイル名のデータを data フォルダから読み出し、日付の変換と電圧の実数への変換を行い、それらのデータのリストを list0 に追記していった
- もし、指定した日付のデータファイルがなかった場合は、例外処理で受けて黙って次の日付のファイルのデータ取得に移る様にしている
- graph_plot() 関数に list0 を渡してグラフの作図をさせている

```

/home/mat/Documents/weekly.py
from datetime import datetime as dt, timedelta
import sys, matplotlib.dates as mdates
from myplot import graph_plot

dirstr = '/home/mat/Documents'
s_format = '%Y-%m-%d'
today = dt.now()
if len(sys.argv) > 1:
    today = dt.strptime(sys.argv[1], s_format)
startstr = (today - timedelta(days=7)).strftime(s_format)

datelist = []
for i in range(7):
    day = today - timedelta(days=(7-i))
    datelist.append(day.strftime(s_format))

list0=[]
for fname in datelist:
    try:
        with open(dirstr + "/data/" + fname + ".txt") as f:
            for line in f:
                datestr = line[:20].strip()
                datev = mdates.datestr2num(datestr)
                value = float(line[25:].strip())
                list0.append([datev, value])
    except FileNotFoundError:
        continue

graph_plot(list0, dirstr, startstr, True)

```

以下は、週毎処理が出力する画像である。4月21日（日曜日）の0時1分に cron によって起動され実行されたものだが、フォルダ data の中には、測定を始めた4月16日（火曜日）から、4月20日（土曜日）までの5日分のファイルがあるだけである。本来なら1週間前の日曜日（4月14日）のデータから週毎処理の対象となるところだが、プログラムの中では `FileNotFoundError` の例外を捕捉して、とにかく `continue` によって処理を継続させているため、何事もなかったかの様に、データファイルの所在する火曜日以降がグラフに作図されている

また、日毎処理のプログラム `daily.py` と全く同じグラフ作図の関数（`myplot.py` の中の `graph_plot()` 関数）を使っているのだが、横軸の設定が `matplotlib` の `dates`（`mdates` としてプログラム中では使っている）によって、自動的に調整されているのが分かる（便利）

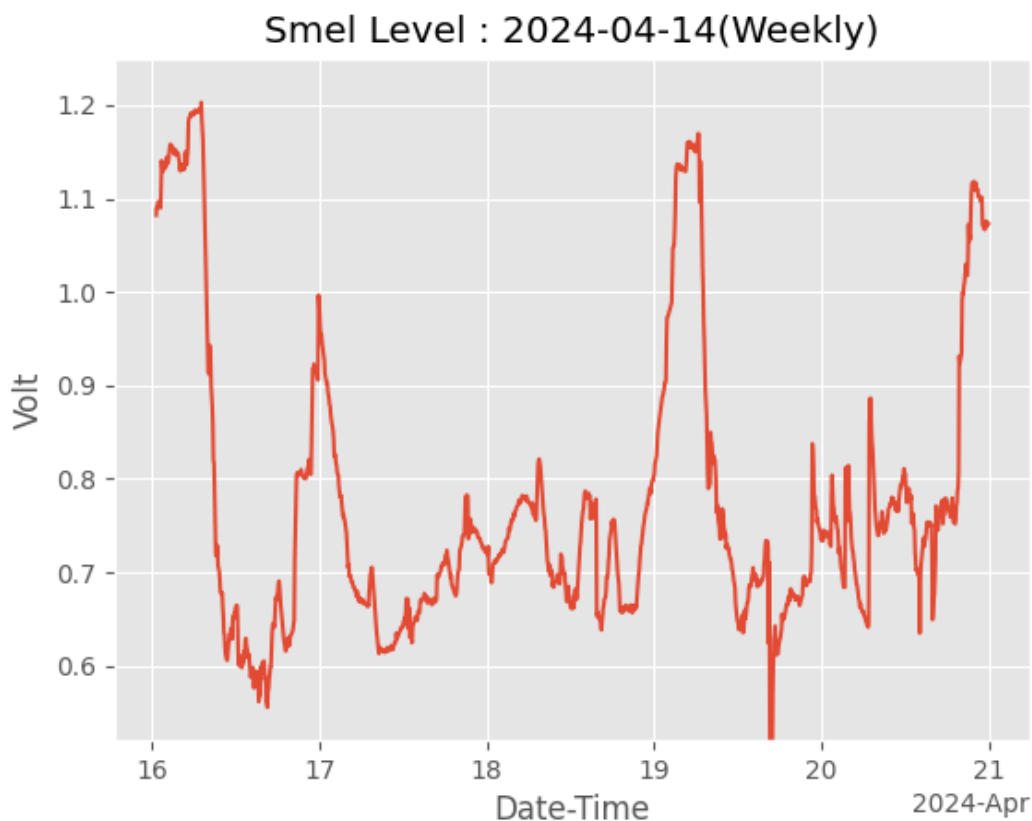


図5 weekly.py の出力

2.9 測定データのグラフを実時間で作図する

- RTPlot クラスに必要な関数類をまとめた
- ポイントとなるのは、`plt.show()` を使わず、`plt.pause(1.0)` を使うこと、`tail -f` をプログラム上で実現することの 2 点である
- `self.x` と `self.y` のリストに順にデータを追記していき、新たなデータが `w.txt` に追加されたタイミングで `plt.pause(1.0)` としている（引数の値を 0.1 や 0.01 にすると Raspberry Pi では全て描画しきれないので注意）
- `tail_f()` 関数は、コマンド `tail -f w.txt` を Python のプログラムで実現したもの（指定したファイルの最終行が追記されるまで `continue` で待っている）である

```
import sys, time, numpy as np
from matplotlib import style, pyplot as plt, dates as mdates
from datetime import datetime as dt, timedelta

class RTPlot:
    def dateproc(self):
        #s_format = '%Y-%m-%d, %H:%M:%S'
        s_format0 = '%Y-%m-%d, 00:00:00'
        today = dt.now()
        tomor = today + timedelta(days=1)
        self.todaystr = today.strftime(s_format0)
        self.tomorstr = tomor.strftime(s_format0)

    def readdata(self, fname):
        try:
            with open(fname, 'r') as f:
                for line in f:
                    self.chop(line)
        except FileNotFoundError:
            print(f'File{fname} not found')
```

```

def __init__(self, fname):
    self.fname = fname
    self.x = []
    self.y = []
    self.ims = []
    self.dateproc()
    self.readdata(fname)
    matplotlib.style.use('ggplot')
    self.fig, self.ax = plt.subplots()
    locator = mdates.AutoDateLocator()
    formatter = mdates.ConciseDateFormatter(locator)
    self.ax.xaxis.set_major_locator(locator)
    self.ax.xaxis.set_major_formatter(formatter)
    xmin = mdates.datestr2num(self.todaystr)
    xmax = mdates.datestr2num(self.tomorstr)
    self.ax.set_xlim([xmin, xmax])
    self.yrange()
    self.ax.set_xlabel('Date-Time')
    self.ax.set_ylabel('Volt')
    self.update()

def chop(self, line):
    datestr = line[:20].strip()
    datev = mdates.datestr2num(datestr)
    value = float(line[25:].strip())
    self.x.append(datev)
    self.y.append(value)

def statvalue(self):
    self.ymax = np.array(self.y).max()
    self.ymin = np.array(self.y).min()
    self.mean = np.array(self.y).mean()
    str1 = f"Max={self.ymax:.2f}, Min={self.ymin:.2f}, "

```



```

        str2 = f"Mean={self.mean:.2f}"
        self.ax.set_title("Smel Level : " + str1 + str2)

def tail_f(self):
    try:
        with open(self.fname, 'r') as f:
            f.seek(0, 2)
            enter = dt.now()
            while True:
                line = f.readline()
                if not line:
                    time.sleep(1)
                    if dt.now() - enter < timedelta(minutes=6):
                        continue
                return
            return line.strip()
    except FileNotFoundError:
        print(f'File{self.fname} not found')
    return

def yrange(self):
    self.statvalue()
    step = (self.ymax - self.ymin)/10.0
    v = 0
    while self.ymax > v:
        v += step
    ymax = v + step/2.0
    while self.ymin < v:
        v -= step
    ymin = v - step/2.0
    self.ax.set_ylim([ymin, ymax])

```

```

def update(self):
    self.yrange()
    if len(self.ims) > 0:
        im = self.ims.pop()
        im.remove()
    im, = self.ax.plot(self.x, self.y, color='red')
    self.ims.append(im)

if __name__=="__main__":
    dirstr = '/home/mat/Documents'
    fname = dirstr + '/w.txt'
    if len(sys.argv) > 1:
        fname = dirstr + '/' + sys.argv[1]
    rtp = RTPlot(fname)
    tomorrow = dt.strptime(rtp.tomorstr, '%Y-%m-%d, 00:00:00')
    while dt.now() < tomorrow:
        plt.pause(1)
        line = rtp.tail_f()
        if line is not None:
            print("[info.log]", line)
            rtp.chop(line)
            rtp.update()
    rtp.fig.savefig(dirstr+'/figs/R_'+rtp.todaystr[:10]+' .png')

```

tail_f() 関数の中では、6 分を超えて continue を繰り返している場合に None を返す事になっている（6 分待てば、その間には必ず 5 分間隔のイベントは入ってくると思う）ので、main の中の繰り返し処理 while の中でその事を（PEP8 が可読性の観点から推奨している書き方）is not None によって判定している

実時間処理の画面は次の様になる。

このプログラム rtplot.py が終了時に保存する画像は、実は日毎処理のプログラム daily.py が出力するものとはほぼ同じ傾向を示しているはずだ。ただ rtplot.py の方は、新たな点をプロットするたびに y 軸の最大値と最小値を更新しているため、日毎の処理では作図の範囲外に出るデータも示せているし、また具体的な最大値、最小値、平均値の値もそ

の都度更新して表示している

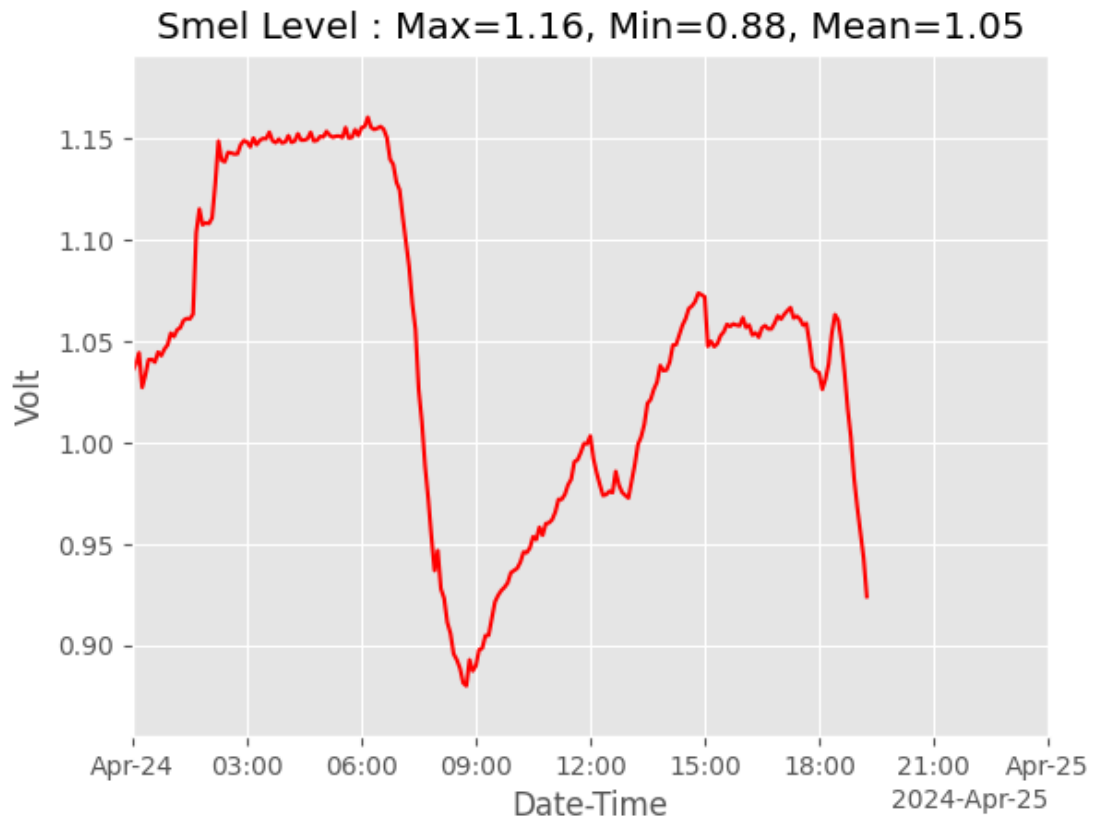


図6 実時間出力の例（途中経過：4月25日の19時過ぎ）

3 新たなシステムへの移行手順

3.1 ローカルマシンの移行

ここまで作成してきたものを、新たなマシン（Raspberry Pi）へ移行する際、必要になる手続きについてまとめておく（新しいマシンの OS が導入され、ネットワークの設定を終えた後の手続きになる）

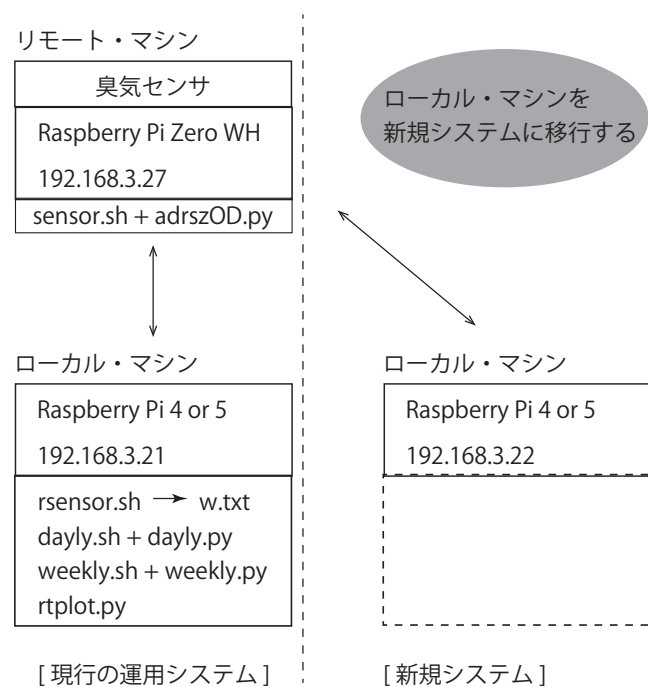


図 7 ローカルマシンの移行

以下の手続きはその都度全て、`/home/mat/Documents` の直下で実施するものとする

1. ssh を有効にする（Raspberry Pi の configuration で）
2. システムを最新の状態にする

```
sudo apt update
sudo apt dist-upgrade
```

3. sshpass を導入する

```
sudo apt install -y sshpass
```

4. Python の仮想環境を /home/mat/Documents/venv11 につくる^{*4}

```
python3 -m venv venv11
source venv11/bin/activate
python3 -m pip install -U pip
pip install numpy==1.22.4
pip install scipy
pip install pandas==1.4.2
pip install matplotlib
pip install scikit-learn
pip list -o
deactivate
```

5. data フォルダと figs フォルダを移行する

```
scp -r mat@192.168.3.21:/home/mat/Documents/data ./
scp -r mat@102.168.3.21:/home/mat/Documents/figs ./
```

6. shell と Python のプログラムを移行する

```
scp mat@192.168.3.21:/home/mat/Documents/*.sh ./
scp mat@192.168.3.21:/home/mat/Documents/*.py ./
```

ここで、各 shell には実行可能属性がついている事を確認する `ls -l *.sh`

もし付いていなかったら付ける `chmod +x *.sh`

また、リモートマシンの IP アドレス、ユーザ名とそのパスワードが変わる場合は、
ここで `rsensor.sh` の当該箇所（露に記述している）を編集する

Python のプログラムに実行可能属性は不要である

7. cron に時刻指定手続きを登録する (`crontab -e`)

```
MAILTO=""
*/5 * * * * sh /home/mat/Documents/rsensor.sh
56 23 * * * sh /home/mat/Documents/dayly.sh
1 0 * * Sun sh /home/mat/Documents/weekly.sh
```

^{*4} 寺田学 他 3 名、翔泳社「Python によるあたらしいデータ分析の教科書」第 2 版、p.50

8. ssh でリモートマシンに接続を試みて、key fingerprint を登録させる

```
ssh mat@192.168.3.27
The authenticity of host '192.168.3.27' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:.....
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
ssh mat@192.168.3.27 /home/mat/Documents/sensor.sh
```

9. txt ファイルを移行する

```
scp mat@192.168.3.21:/home/mat/Documents/*.txt ./
```

10. rsensor.sh が 5 分ごとに起動され、w.txt を更新している事を確認する

```
tail -f w.txt
```

11. 実時間モニタ用のプログラムを起動する

```
source venv11/bin/activate
python3 ./rtplot.py
```

3.2 リモートマシンの移行

新しいリモートマシンへの移行は次の通り

リモートマシンへの OS の導入とネットワークの設定を終えていること

1. configuration で、ssh と i2c を有効にする
2. 最新の状態に更新する

```
sudo apt update
sudo apt dist-upgrade
```

3. adrszOD.py を導入する
4. sensor.sh を導入して、実行可能属性をつける (chmod +x sensor.sh)
5. /home/mat/Documents/sensor.sh を実行して、現在日時とセンサの電圧、それぞれ適切な値が 1 行で出力される事を確認する

4 参考文献

- 臭気センサ拡張基板とそのサンプルプログラム
<https://github.com/bit-trade-one/RasPi-Zero-One-Series>
- matplotlib が認識する日付の書式
https://matplotlib.org/stable/api/dates_api.html
- プロセス置換
Daniel J.Barrett 著、オライリー・ジャパン「Efficient Linux コマンドライン」初版
第1刷、p.157 のコラム記事
- Python の仮想環境の構築
寺田学 他著、翔泳社「Python によるあたらしいデータ分析の教科書」第2版、p.50