

# 湿度センサ調査（電子工作）

## 【第1位は？】

- ESP32で利用した場合の実践データ
- I2C基本仕様、プログラミングを理解

# 目次

1. 調査対象の湿度センサー一覧
2. ESP32ポートとI2C
3. 各センサ性能  
(参考. ESP32開発ボードへの書き込み)
4. 測定回路
5. 測定器(温度計)
6. 測定結果
7. まとめ(考察:温湿度センサ)


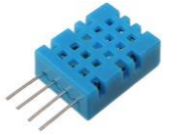
# 1. 調査する湿度センサ(温度センサと同じ一覧)

NO	項目	型番	イメージ	URL	価格	入出力電圧	動作温度	温度精度	湿度精度	記事
1	温度センサー IC MCP9700-E/T0	MCP9700-E/T0		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-09692/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-09692/</a>	40	2.3~5.5V -	-40~ +125°C	±4°C(最大)	-	・ADCに最適: 10.0mV/°C ・低消費電流: 6μA(標準)
2	温度センサー IC MCP9700A-E/T0	MCP9700A-E/T0		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-14300/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-14300/</a>	100	2.3~5.5V -	-40~ +125°C	±2°C /0~70°C 他±4°C	-	・ADCに最適: 10.0mV/°C ・低消費電流: 6μA(標準)
3	IC温度センサ TMP36GT9Z	TMP36GT9Z		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-14188/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-14188/</a>	200	2.3~5.7V -	-40~ +125°C	~±3°C /25°C	-	
4	S-5851A使用2ワイヤ デジタル温度センサモジュール	S-5851AAA-M6T1U		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-11575/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-11575/</a>	110	2.7~5.5V -	-40~ +125°C	±2°C/ 25~85°C 他±3°C	-	センサだけでも購入可[¥100]
5	精密級高精度温度センサー LM335Z	LM335Z		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-11158/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-11158/</a>	100	5~40V -	-40~ +100°C	±4°C(最大)	-	・出力: 10mV/°K ・動的インピーダンス1Ω以下 ・動作電流: 400μA~5mA
6	高精度IC温度センサ LM61CIZ	LM61CIZ		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-11160/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-11160/</a>	120	2.7~10V -	-30~ +100°C	±3°C/ 25~85°C 他±4°C	-	温度係数: +10mV/°C Vo=(+10mV/°C× T°C)+600mV
7	高精度IC温度センサ LM60BIZ	LM60BIZ		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-02490/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gI-02490/</a>	180	2.7~10V -	-25~ +125°C	±3°C/ 25~125°C 他±4°C	-	-25~+125°C 1°C当たり6.25mV
8	温湿度センサ モジュール AHT25	AHT25		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-16731/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-16731/</a>	350	2.2~5.5V -	-40~ +80°C	±0.3°C	±2%RH	
9	温湿度センサ モジュール DHT20	DHT20		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-16732/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-16732/</a>	380	2.2~5.5V -	-40~ +80°C	±0.5°C	±3%RH	
10	温湿度センサ AHT21B	AHT21B		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gK-17394/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gK-17394/</a>	400	2.2~5.5V -	-40~ +80°C	±0.5°C	±5%RH	
11	温湿度センサ モジュール DHT11	DHT11		<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-07003/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g/gM-07003/</a>	480	3.3~5.5V -	0~ +50°C	±2°C	±5%RH	
総合計					2,460	別途送料が必要				

選定基準(IT太郎調べ)  
・3.3V/5V対応  
・価格の安いものから選出

# 1. 調査する湿度センサ(仕様上)

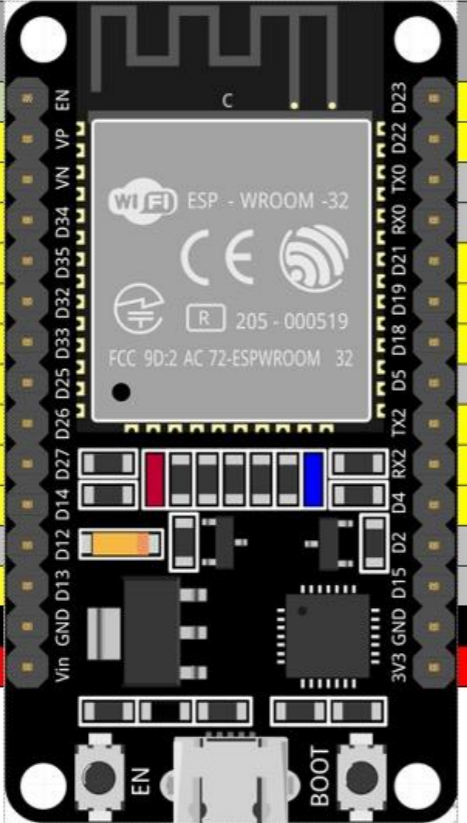
全ての湿度センサがデータを出力するタイプとなります。  
ライブラリが無いセンサはI2Cプログラミングが複雑になる傾向となります。

タイプ	ESP32 入力端子(ポート)	回路・配線	プログラミ ング	記事
データ出力  センサ内部の 温湿度データを出力	I2C通信 [AHT25,DHT20,AHT21B]   I2Cポート固定	ポート固定 アドレス衝突 考慮必要	I2C通信 難しい  ライブラリ [AHT21B]	特になし
	GPIO(データ通信) [DHT11]  	自由度高い	ライブラリ [DHT11]	

# 2-1. ESP32ポート

## ●ESP32 ポート構成

Touch	SPI/ DAC	Analog (ADC)	IO	IO	Analog (ADC)	SPI/ Serial	I2C/ Touch
			EN	GPIO23		VSPID	
		1-0 A0	GPI 36(VP)	GPIO22		VSPWIP	SCL
		1-3 A3	GPI 39(VN)	GPIO1		TXD0	
		1-6 A6	GPI 34	GPIO3		RXD0	
		1-7 A7	GPI 35	GPIO21		VSPHID	SDA
T9		1-4 A4	GPIO32	GPIO19		VSPIQ	
T8		1-5 A5	GPIO33	GPIO18		VSPICLK	
	DAC_1	2-8 A18	GPIO25	GPIO5		VSPICS0	
	DAC_2	2-9 A19	GPIO26	GPIO17		TXD2	
T7		2-7 A17	GPIO27	GPIO16		RXD2	
T6	HSPICLK	2-6 A16	GPIO14	GPIO4	A10 2-0	HSPHID	T0
T5	HSPIQ	2-5 A15	GPIO12	GPIO2	A12 2-2	HSPWIP	T2
T4	HSPID	2-4 A14	GPIO13	GPIO15	A13 2-3	HSPICS0	T3
			GND	GND			
			5V	3.3V			



## ●I2C 端子

フィリップ社が提唱した方式で、同期式シリアル通信のひとつです。SPIと並んでマイコンとセンサ間のデータ通信によく使われます。

- I2Cインタフェースは以下のとおり。  
SCL : GPIO22  
SDA : GPIO21
- 接続するデバイスはアドレスが決まっており、複数接続も可能。

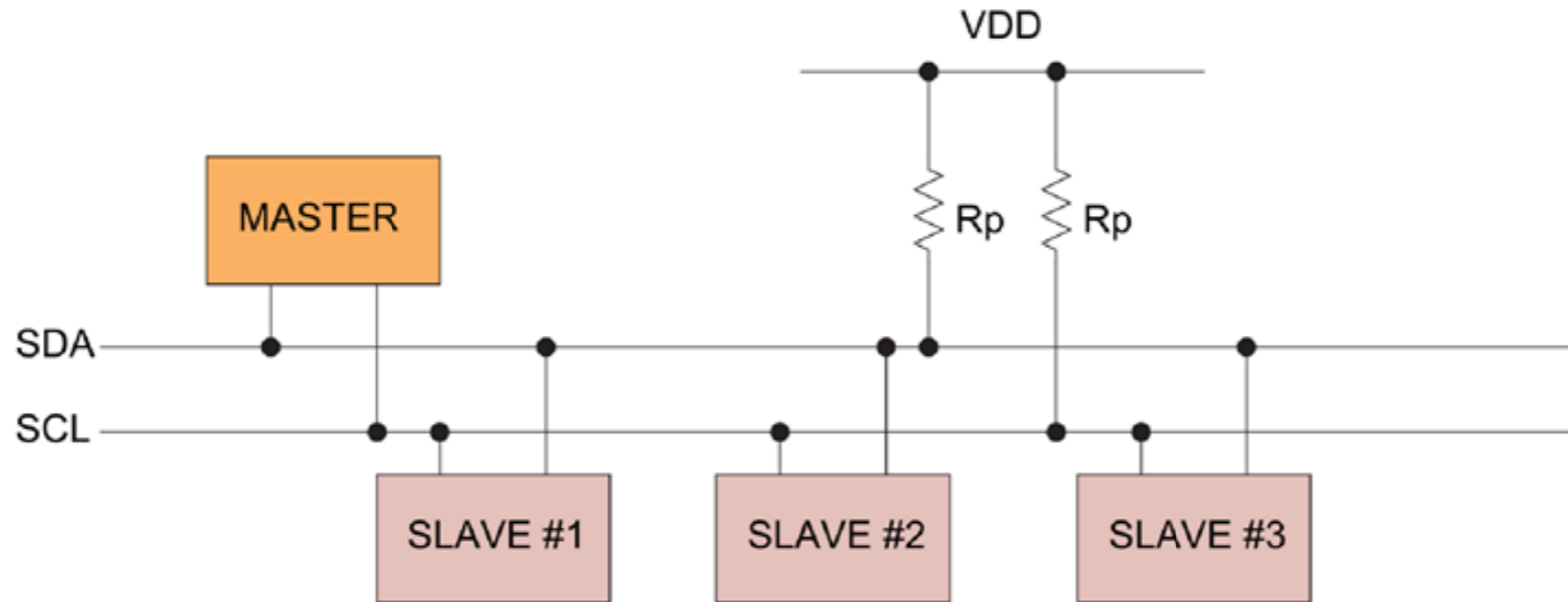
## ●GPIO 端子

General Purpose Input/Outputの略、汎用I/Oポートで通常の端子はこちらになります。

InputのみのポートはGPIとなりますので、今回のシリアル通信はOutputも利用可能なGPIO端子を利用します。

## 2-2. I2C通信

### I2C構成



<https://www.analog.com/jp/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

- マスタ、スレーブ構成で、バス配線（幹線から分岐）で接続されている
- 接続されるデバイスのアドレスはユニークである必要がある（重複すると通信できない）
- マスタからアドレス指定でトリガーを送信し、該当アドレスのスレーブから返答する形で通信される（全スレーブがトリガーを受信するが、該当アドレスのデバイスのみ返答する）
- スレーブから通信を始めることはできない。

# 3-1. AHT25



[参考URL]

<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AHT25.pdf>  
<https://qiita.com/ayakix/items/69cf14e57dec86f4415a>

- ・電源電圧：3.3V (2.2~5.5V)
- ・消費電流：980μA (測定時)、250nA (非測定時)
- ・測定間隔：2秒毎以上推奨
- ・湿度測定範囲：0~100%RH
- ・湿度分解能：0.024%
- ・湿度精度：±2%RH
- ・温度測定範囲：-40~80℃
- ・温度精度：±0.3℃
- ・出力形式：I2C (100kHz/400kHz) **0x38** (7bitアドレス)
- ・出力データ：湿度20bit、温度20bit

Pins	Name	Describe
1	VDD	Power supply(2.2v to 5.5v)
2	SDA	Serial Data Bidirectional port
3	GND	Ground
4	SCL	Serial clock Bidirectional port

Table 5. ATH21B pin distribution (top view)

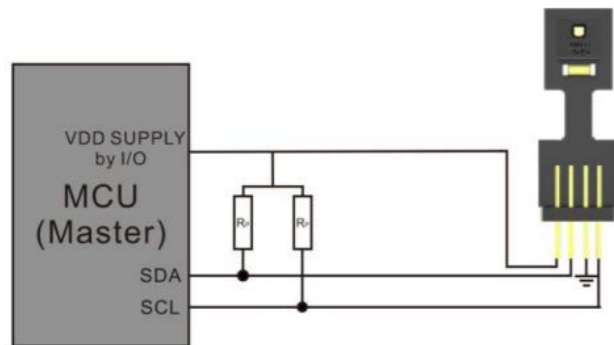
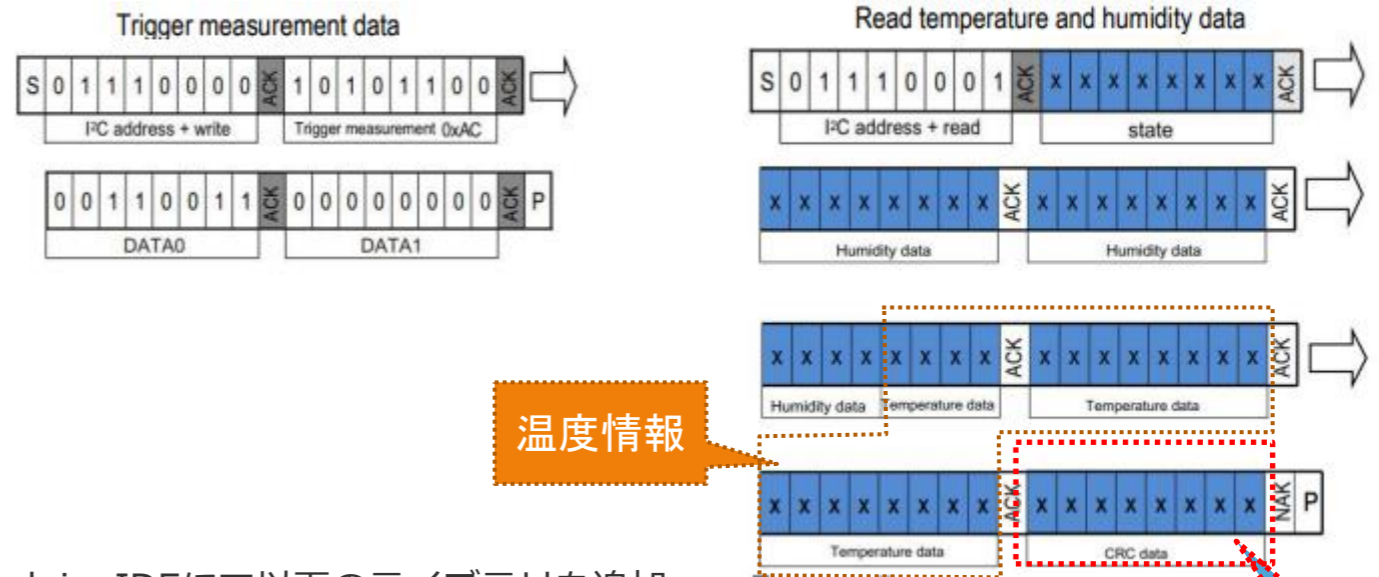
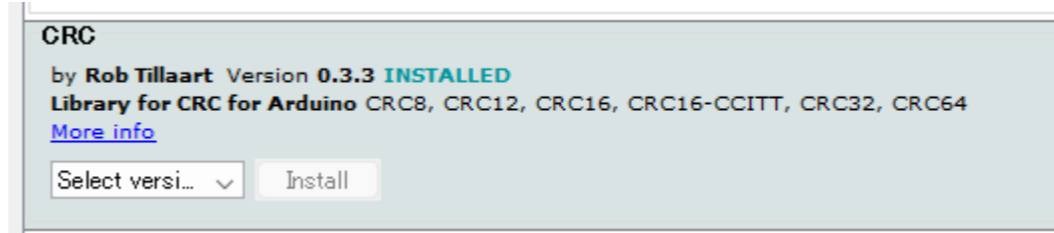


Figure 8. Typical application circuit

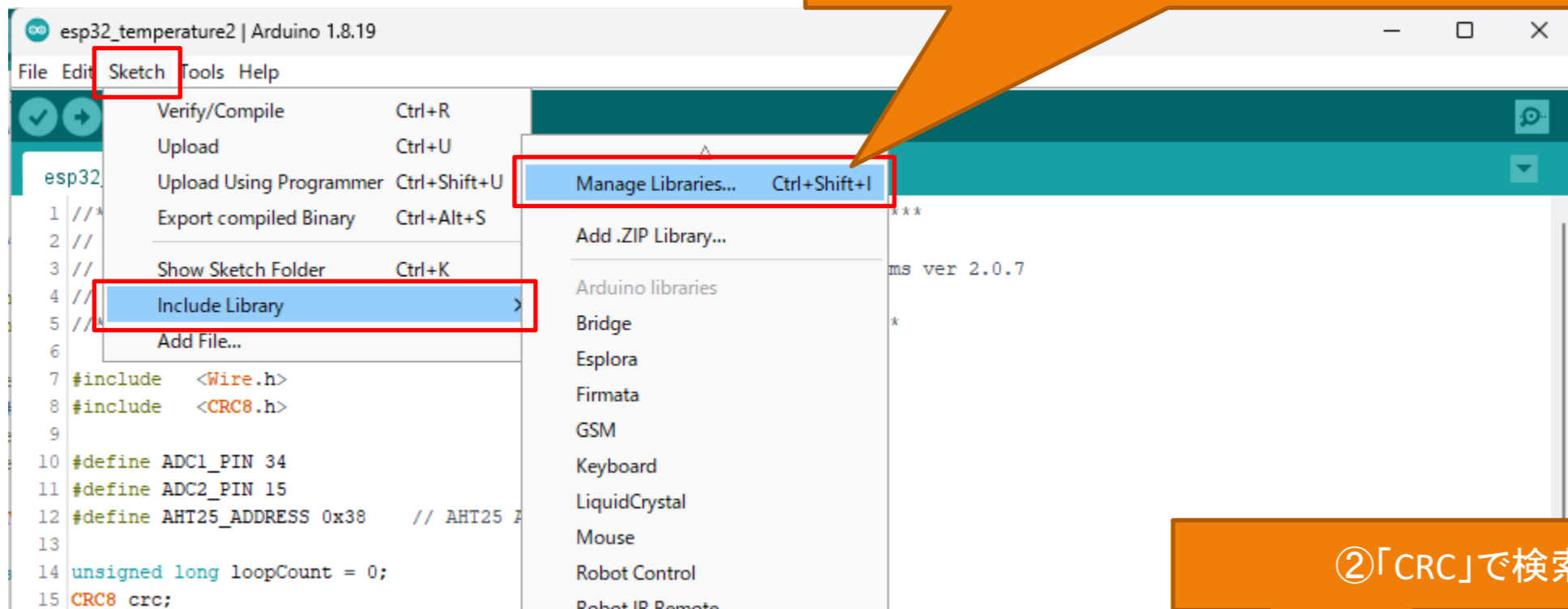
ArduinoIDEにて以下のライブラリを追加



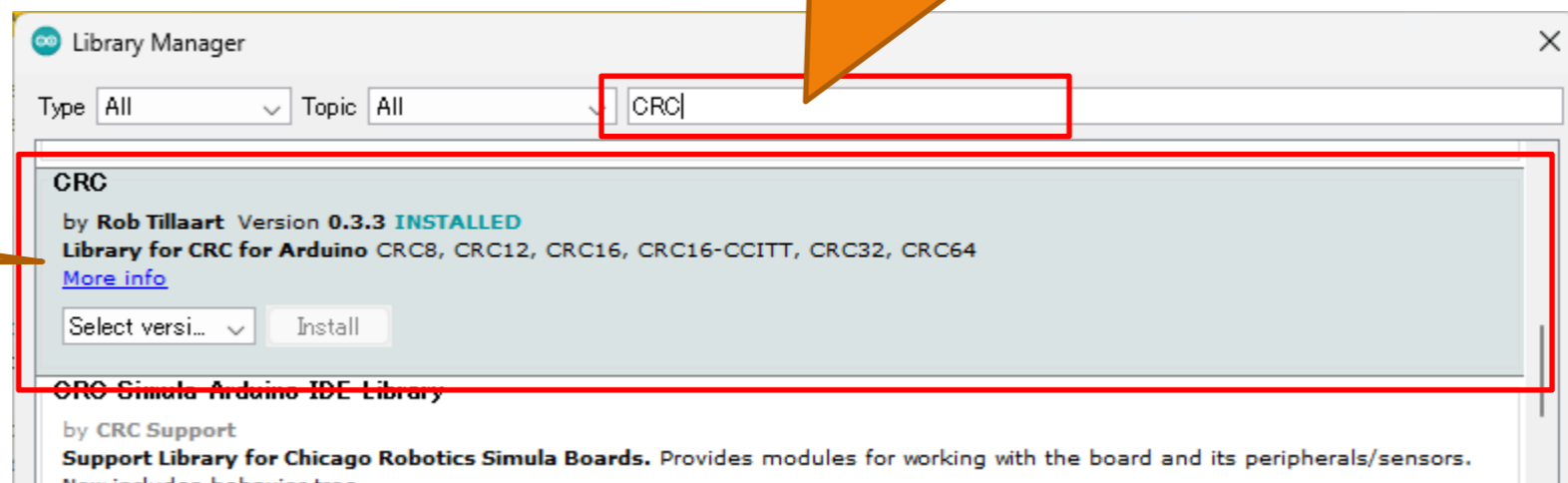
CRC

# 3-1. AHT25 ライブラリ追加

①ライブラリマネージャーの起動  
「Sketch」⇒「Include library」⇒「Manage Libraries」



②「CRC」で検索



③このライブラリをインストール



# 3-2. AHT21B



[参考URL]

<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AHT21B.pdf>

- 電源電圧 : 3.3V(2.2~5.5V)
- 消費電流(測定時) : 980μA
- **インタフェース : I2C**
- 分解能(湿度) : 0.024%RH
- 精度(湿度) : ±3%RH
- 動作範囲(湿度) : 0~100%RH
- 分解能(温度) : 0.01℃
- 精度(温度) : ±0.5℃
- 動作範囲(温度) : -40~+80℃

## 5 Interface Definition

Pins	Name	Describe	
1	VDD	Power supply(2.2v to 5.5v)	
2	SDA	Serial Data Bidirectional port	
3	GND	Ground	
4	SCL	Serial clock Bidirectional port	

Table 5. ATH21B pin distribution (top view)



Figure 8. Typical application circuit

ArduinoIDEにて以下のライブラリを追加

### Adafruit AHTX0

by **Adafruit** Version 2.0.3 **INSTALLED**

**Arduino library for the AHT10 and AHT20 sensors in the Adafruit shop** Arduino library for the AHT10 and AHT20 sensors in the Adafruit shop

[More info](#)

# 3-3. DHT20



[参考URL]

<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT20.pdf>  
<https://hatakekara.com/dht20-arduino/>

- 電源電圧 : 3.3V(2.2~5.5V)
- 消費電流 : 980 $\mu$ A(待機時250nA)
- 測定間隔 : 2秒毎推奨
- 寸法 : 16.1mm (ピン長含まず : ピン長7.2mm) x 12.6mm x 5.8mm
- ピンピッチ : 2.54mm
- 湿度測定範囲 : 0~100%RH
- 湿度分解能 : 0.024%RH
- 湿度精度 :  $\pm 3\%$ RH
- 湿度繰り返し精度 : 0.1%RH
- 湿度レスポンス時間 : 8秒以内
- 温度測定範囲 : -40~80 $^{\circ}$ C
- 温度分解能 : 0.01 $^{\circ}$ C
- 温度精度 :  $\pm 0.5^{\circ}$ C
- 温度繰り返し精度 :  $\pm 0.1^{\circ}$ C
- 温度レスポンス時間 : 5~30秒
- **出力形式 : I2C (100kHz/400kHz) 、 0x38 (7bitアドレス)**
- **出力データ : 湿度20bit、温度20bit**

## 5 Interface Definition

Pins	Name	Describe
1	VDD	Power supply(2.2v to 5.5v)
2	SDA	Serial Data Bidirectional port
3	GND	Ground
4	SCL	Serial clock Bidirectional port

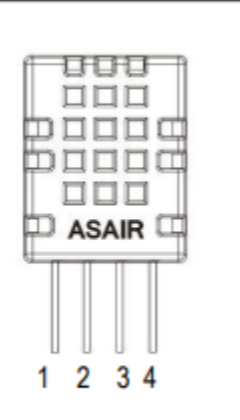


Table 5. ATH21B pin distribution (top view)

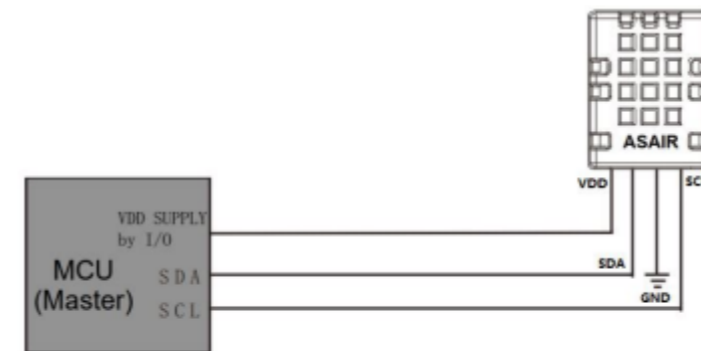


Figure 8. Typical application circuit

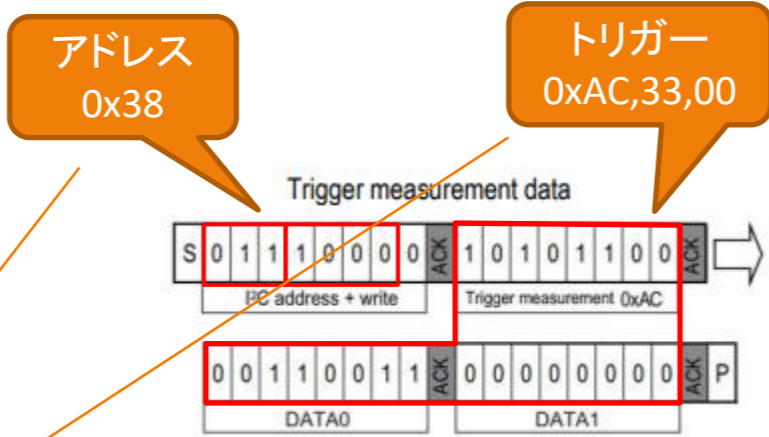
# 3-3. I2C

測定で利用したプログラムは全て公開しています。  
 《Hobby-IT》 <https://hobby-it.com/>  
 (概要欄にURLは記載しています。)

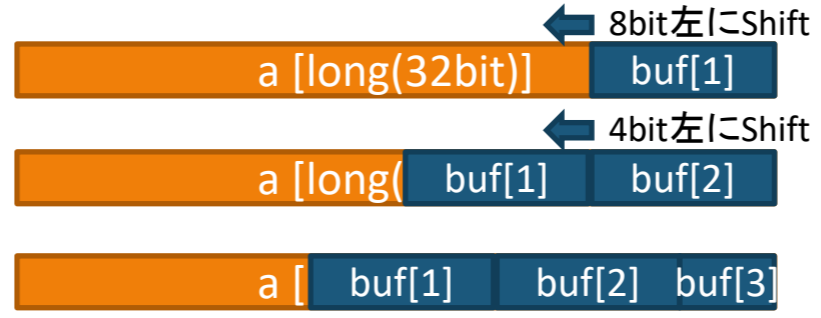
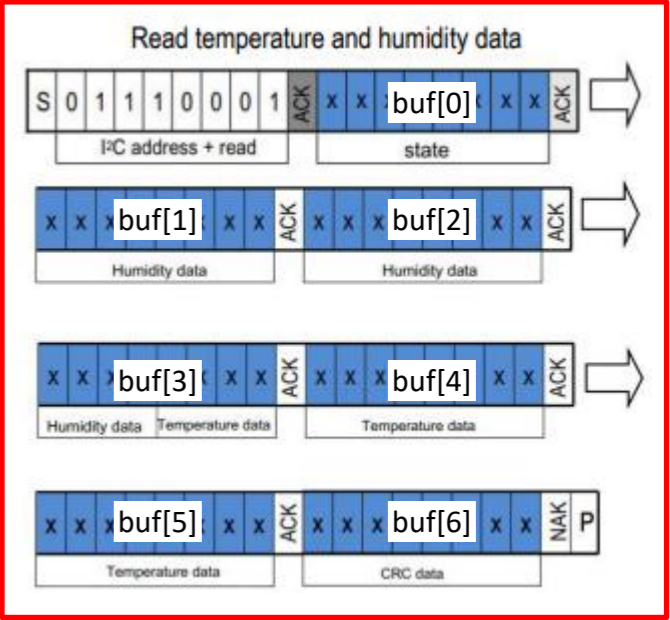
[参考URL]  
<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT20.pdf>  
<https://hatakekara.com/dht20-arduino/>

```

58 void updateDht20 () {
59   float hu, tp;
60   uint8_t buf[8];
61   long a;
62   int flg;
63
64   delay(500);
65   flg = 1;
66   while (flg) {
67     Wire.beginTransmission(DHT20_ADDRESS);
68     Wire.write(0xac);
69     Wire.write(0x33);
70     Wire.write(0x00);
71     Wire.endTransmission();
72     delay(100);
73
74     Wire.requestFrom(DHT20_ADDRESS, 6);
75     for (uint8_t i = 0; i < 6; i++) buf[i] = Wire.read();
76
77     if (buf[0] & 0x80) Serial.println("Measurement not Comp");
78     else flg = 0;
79   }
80   a = buf[1];
81   a <<= 8;
82   a |= buf[2];
83   a <<= 4;
84   a |= ((buf[3] >> 4) & 0x0f);
85   hu = a / 10485.76;
86
87   a = (buf[3] & 0xf);
88   a <<= 8;
89   a |= buf[4];
90   a <<= 8;
91   a |= buf[5];
92   tp = a / 5242.88 - 50;
93
94   Serial.printf("[%ld] DHT20[I2C], temprature=%f[°], humidity=%f[%]\n", loopCount, tp, hu);
95 }
    
```



読み取りデータ



$$RH[\%] = \left(\frac{S_{RH}}{2^{20}}\right) * 100\%$$

シリアルモニタに算出した数値を表示

# 3-4. DHT11

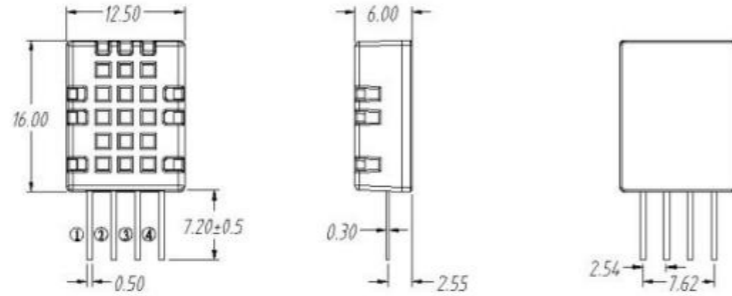
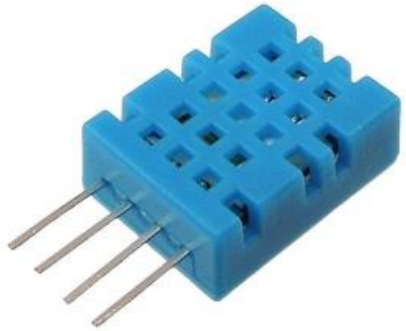


FIG. 1 product dimension diagram

## Pin description

1. VDD power supply 3.3 ~ 5.5V DC
2. DATA serial DATA, single bus
3. NC empty feet
4. GND grounding, power supply negative

## Typical circuits

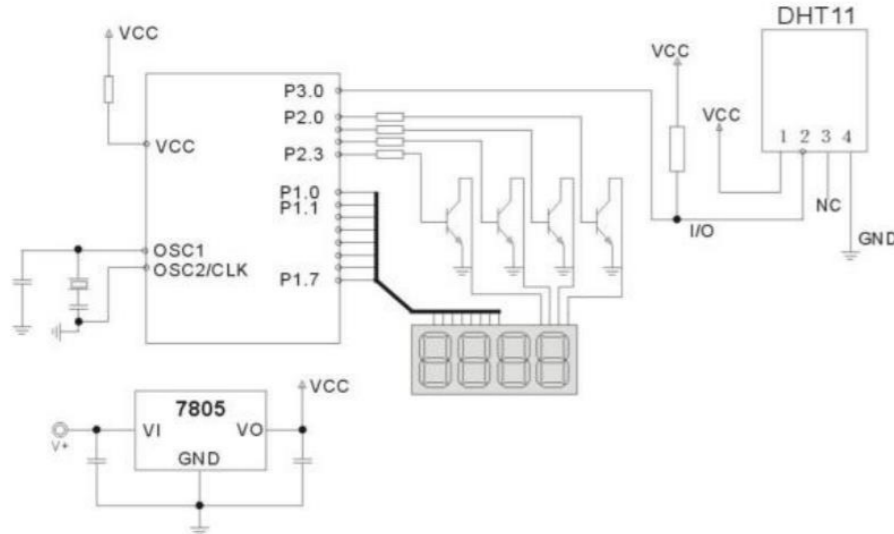


FIG. 1.2 DHT11

[参考URL]

[https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11\\_20180119.pdf](https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11_20180119.pdf)

## ◆主な仕様

- ・電源電圧：DC3.3V~5.5V
- ・消費電流：0.3mA(測定時)、60μA(スタンバイ時)
- ・サンプリング間隔：2秒以上
- ・内部ADコンバータ：各16bit
- ・サイズ：12×15.5×5.5mm(ピン含まず)

## ◆湿度センサ部

- ・センサ：有機ポリマー
- ・精度：±5% RH(@25°C)
- ・繰り返し精度：±1% RH
- ・レスポンス：6秒以内(1/e (63%)、@25°C、風速1m/s)

## ◆温度センサ部

- ・センサ：NTCサーミスタ
- ・精度：±2°C(@25°C)
- ・繰り返し精度：±0.2°C
- ・レスポンス：10秒以内(1/e (63%))

## ◆シリアル通信部

- ・形式：単線バス(双方向)、シリアル40bit構成
- ・出力データ：湿度8bit(分解能：1%RH)、温度8bit(分解能：1°C)
- ・出力：オープンドレイン
- ・通信距離：20m max(@5.1kΩプルアップ)

ArduinoIDEにて以下のライブラリを追加

## DHT sensor library

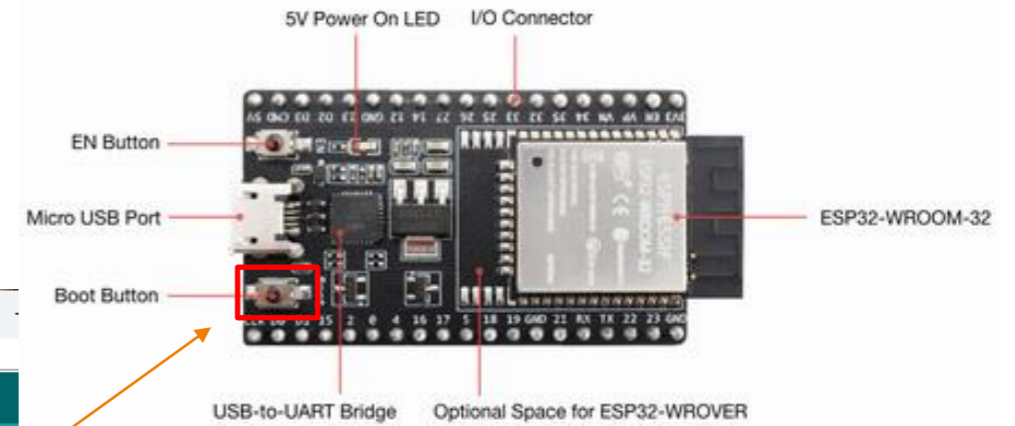
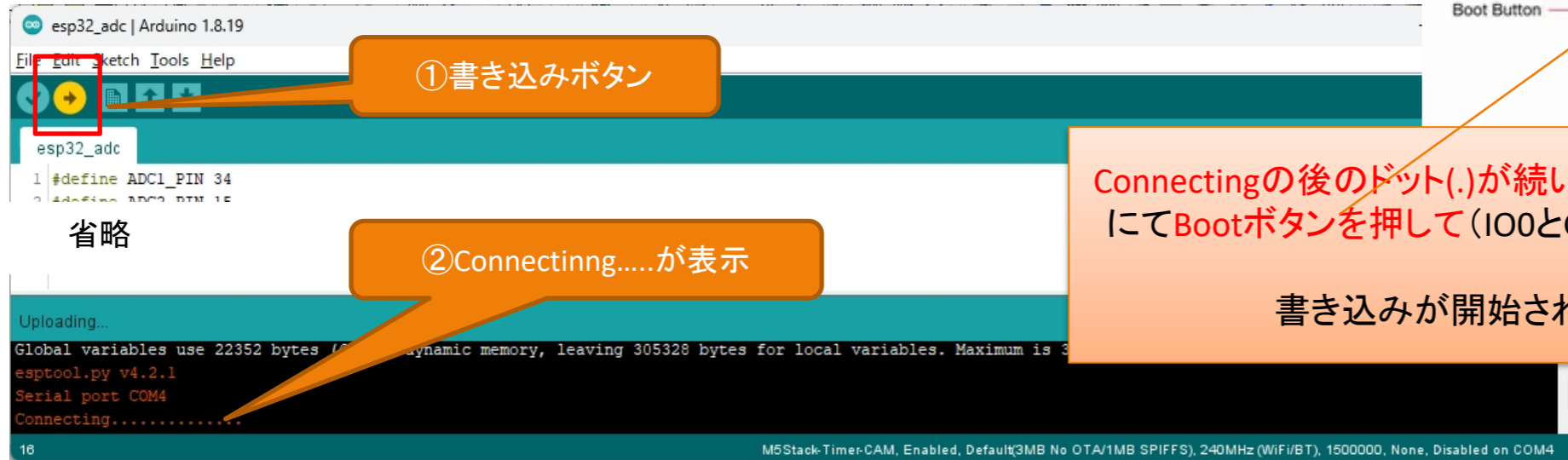
by Adafruit Version 1.4.4 **INSTALLED**

**Arduino library for DHT11, DHT22, etc Temp & Humidity Sensors** Arduino library for DHT11, DHT22, etc Temp & Humidity Sensors

[More info](#)

# 参考. ESP32開発ボードへの書き込み

## ●ESP32開発ボードにおける書き込み時の注意



Connectingの後のドット(.)が続いて接続できない場合は、ESP32開発ボードにてBootボタンを押して(I/OとGNDを接続)書き込みを開始するか確認。

書き込みが開始されればBootボタンは離してもOK

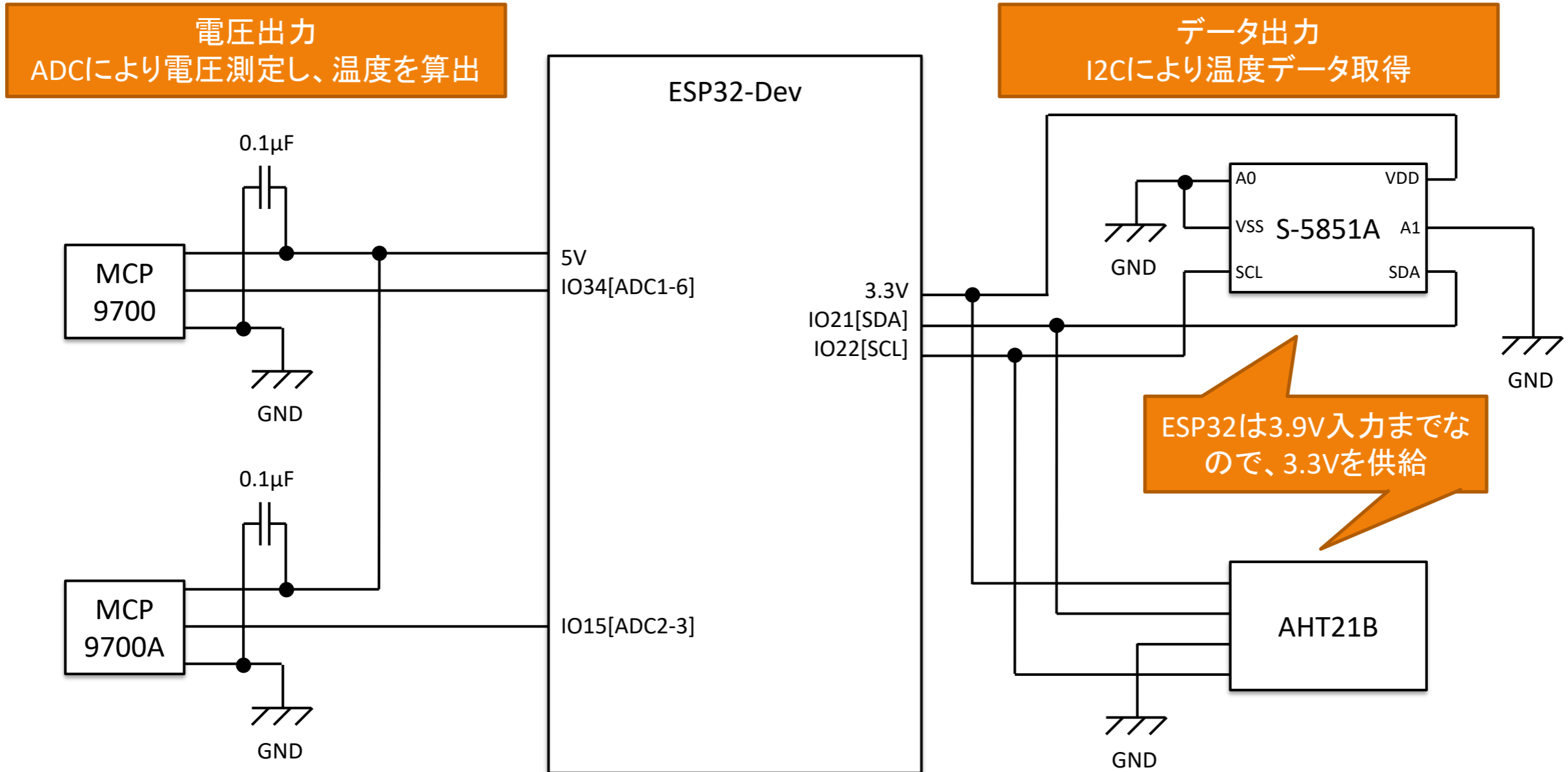
## 《参考》ESP32で多く発生するエラーと対処

	エラー内容 (ArduinoIDEメッセージモニタ)	対処方法
コンパイル時 (書込ファイル作成時)	xxxxxx.h: No such file or directory	Includeしているライブラリが追加されているか確認
書き込み時	A fatal error occurred: Failed to connect to ESP32: Timed out waiting for packet header A fatal error occurred: Failed to connect to ESP32: Invalid head of packet	①「Connecting....」が表示されていないければ、コンパイル完了確認 ②USBケーブル接続 (ESP32開発ボードとパソコンの接続確認) ③ArduinoIDEの設定 (シリアルポート設定含む) ④「Connecting....」が表示されている時にBootボタン (I/OをGNDへ接続) を押下。書き込みが始まればBootボタンを離してOK。 ⑤ESP32又は、USBケーブル、パソコンの順次交換による確認
《参考》起動後の SPIFFS利用時	SPIFFS: mount failed SPIFFS Failed	SPIFFSアップローダーにてデータ書き込みを行う (SPIFFSの利用には、一度でも書き込み[Upload]が必要)

こちらはシリアルモニタに表示

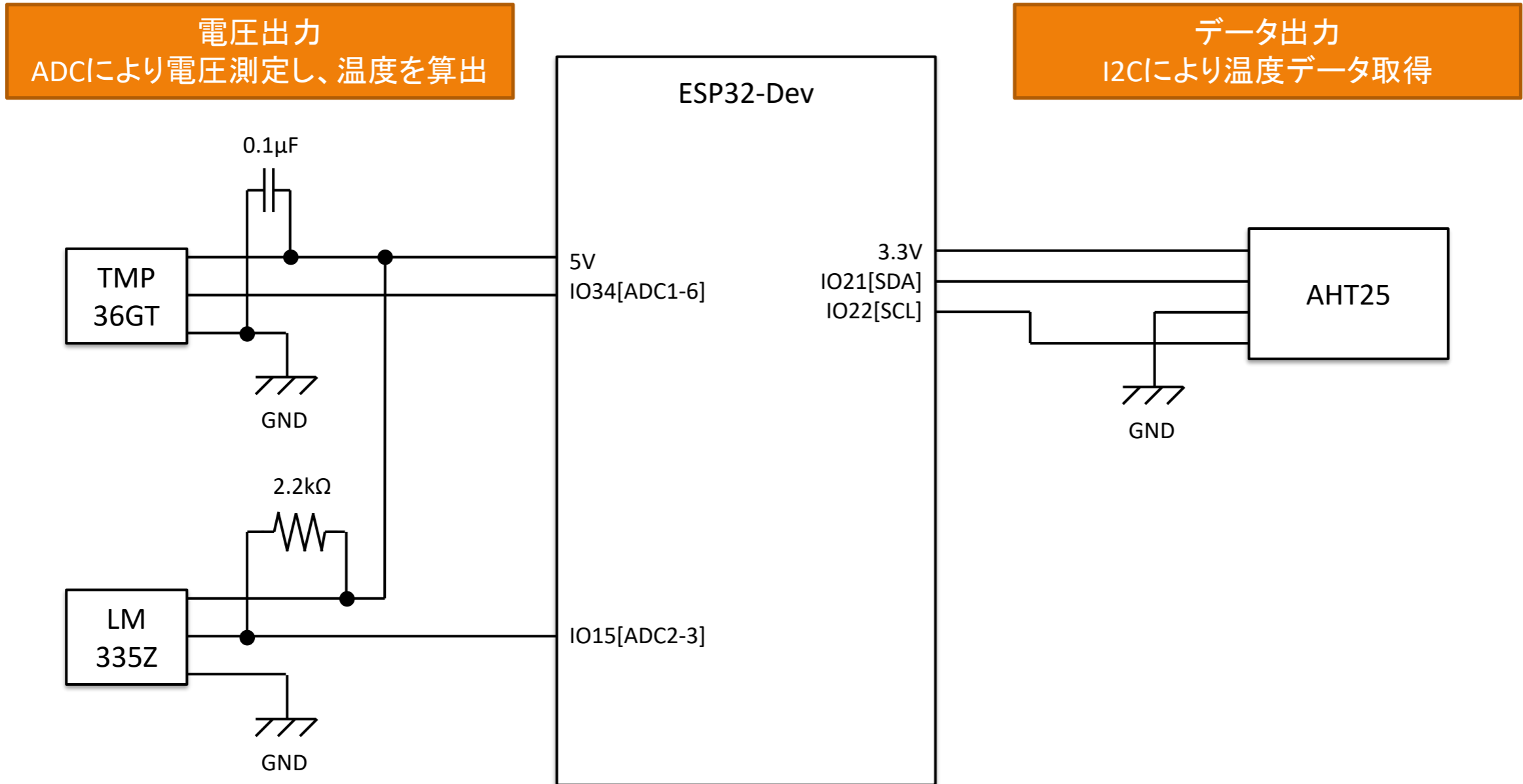
# 4-1. 回路1

MCP9700/9700AをADC1,2で電圧測定し温度を計算。S-5851A,AHT21BはI2Cバス配線し温度データ取得。



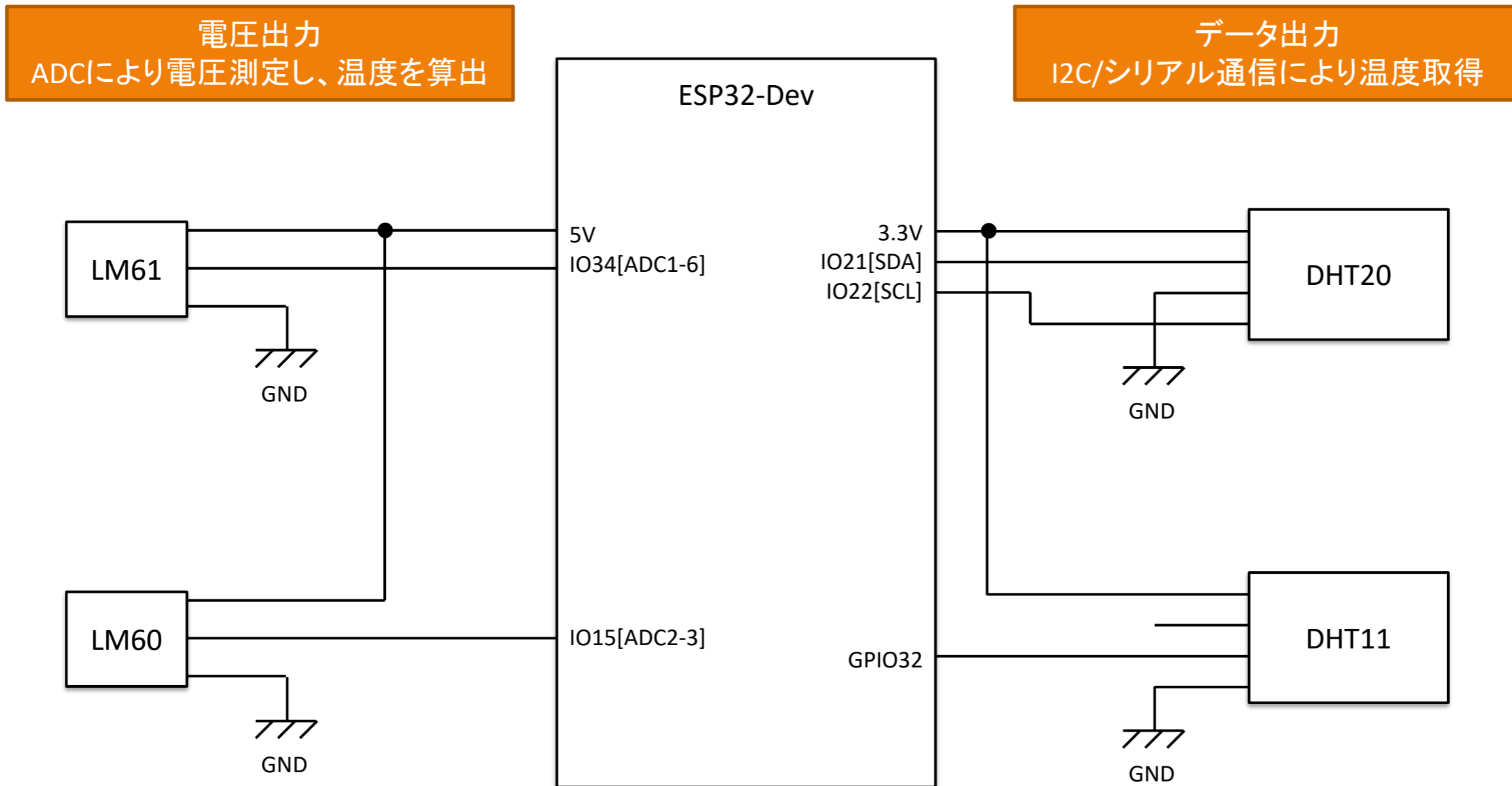
## 4-2. 回路2

TMP36GTをADC1で、LM335をADC2で電圧測定し温度を計算。AHT25はI2Cを用いて、温度データ取得。



# 4-3. 回路3

LM60/LM61をADC1,2で電圧測定し温度を計算。DHT20はI2Cで、DHT11はGPIO32を用いて、温度データ取得。





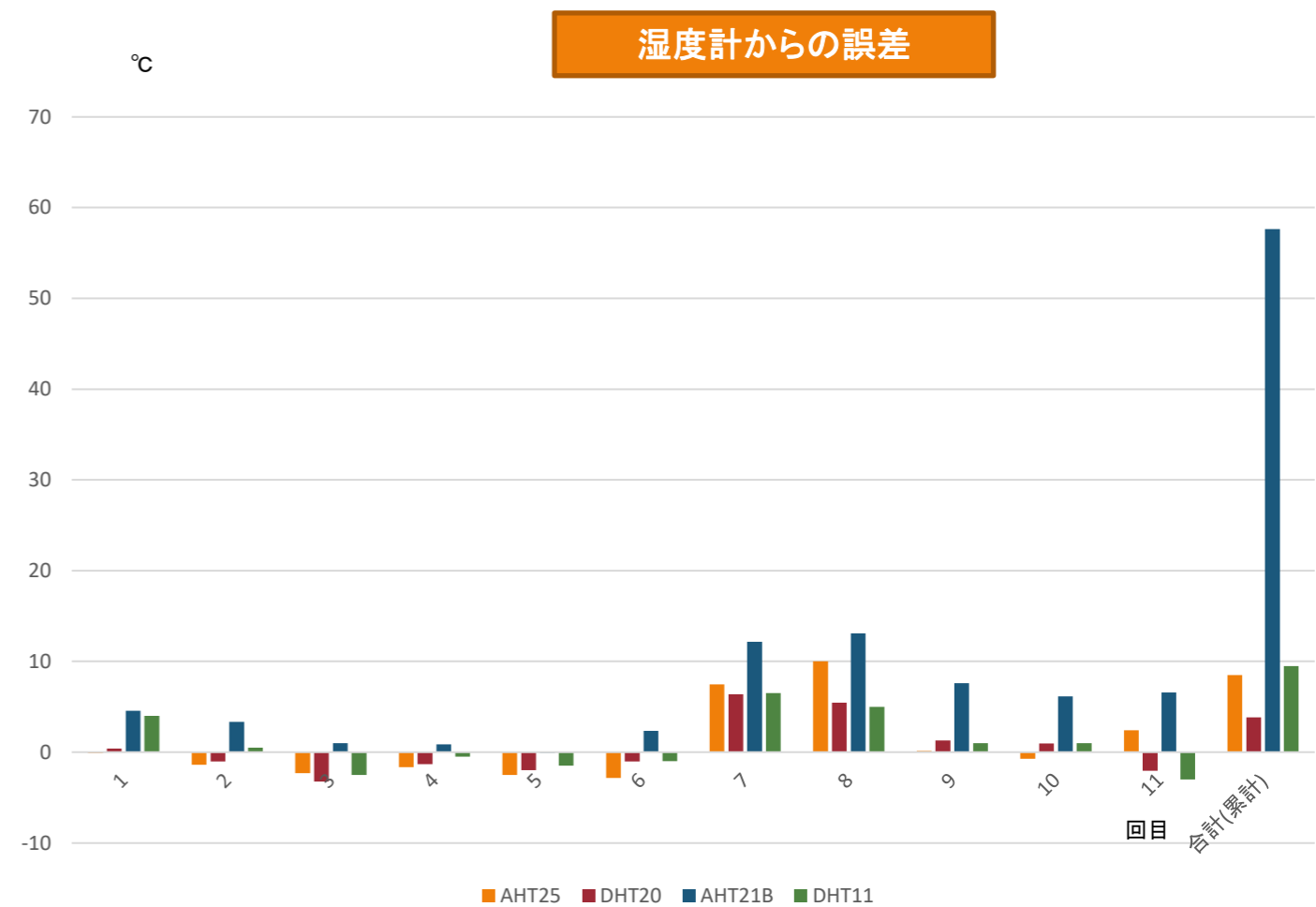
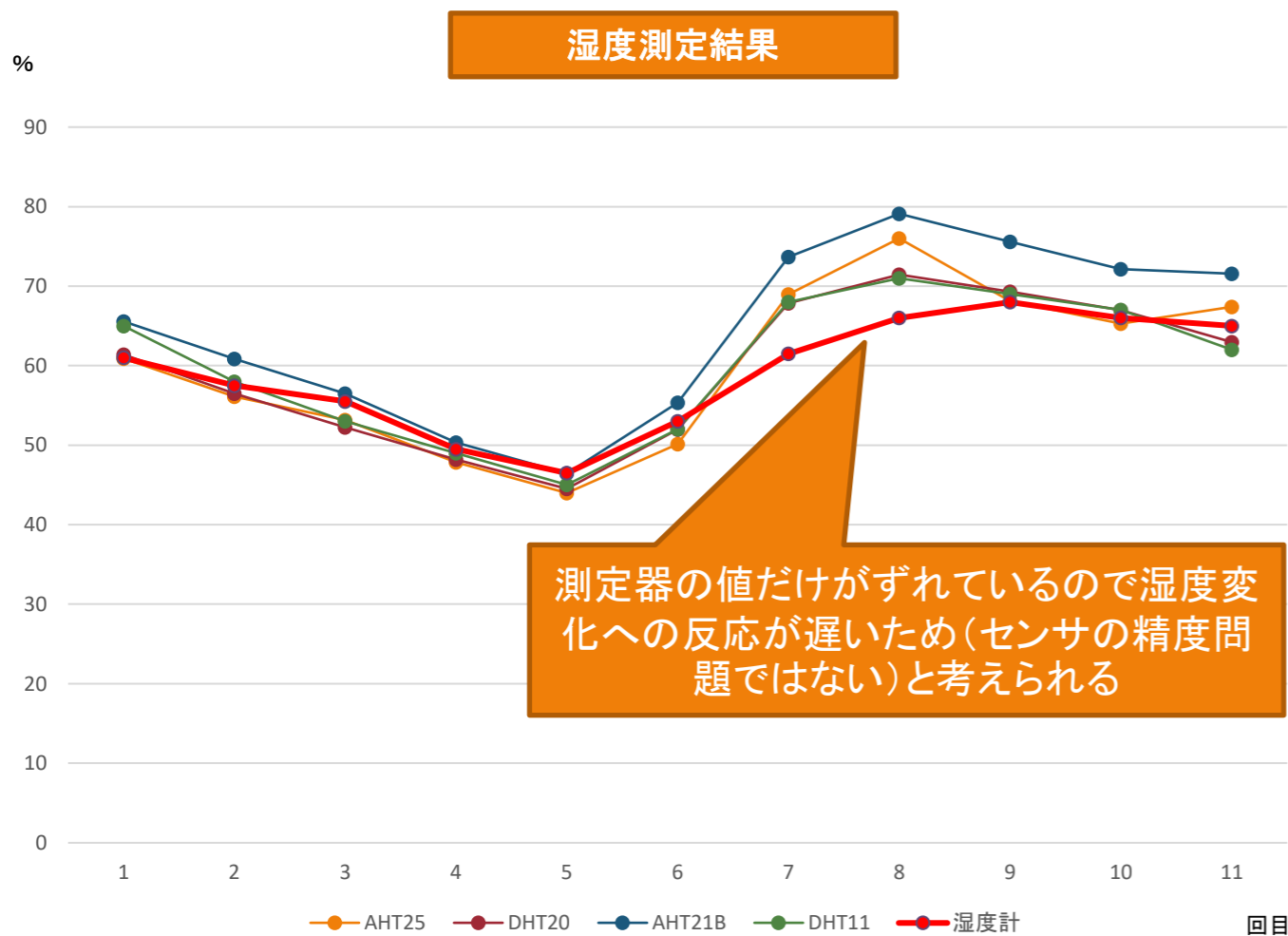
## 5. 測定器(湿度計)

出来るだけ正確な湿度を測るため、4つの湿度計を用意し、大きくズレた特定値は除外し平均値を利用。

	メーカー	型番	測定範囲 (温度/湿度)	精度 (温度/湿度)
1	TANITA	デジタル温湿度計 TT-558	 -5~50°C 20~95%	0~40°C ±1°C (Other ±2°C) 35~75% ±5% (Other ±10%)
2				
3		デジタル温湿度計 TT-585	 -5~50°C 20~95%	
4	シンワ測定	72669 温湿度計 U-3 (丸形6.5cm)	 -24~50°C 10~90%	-20~40°C ±2°C (Other ±4°C) 35~75% ±5% (Other ±10%)

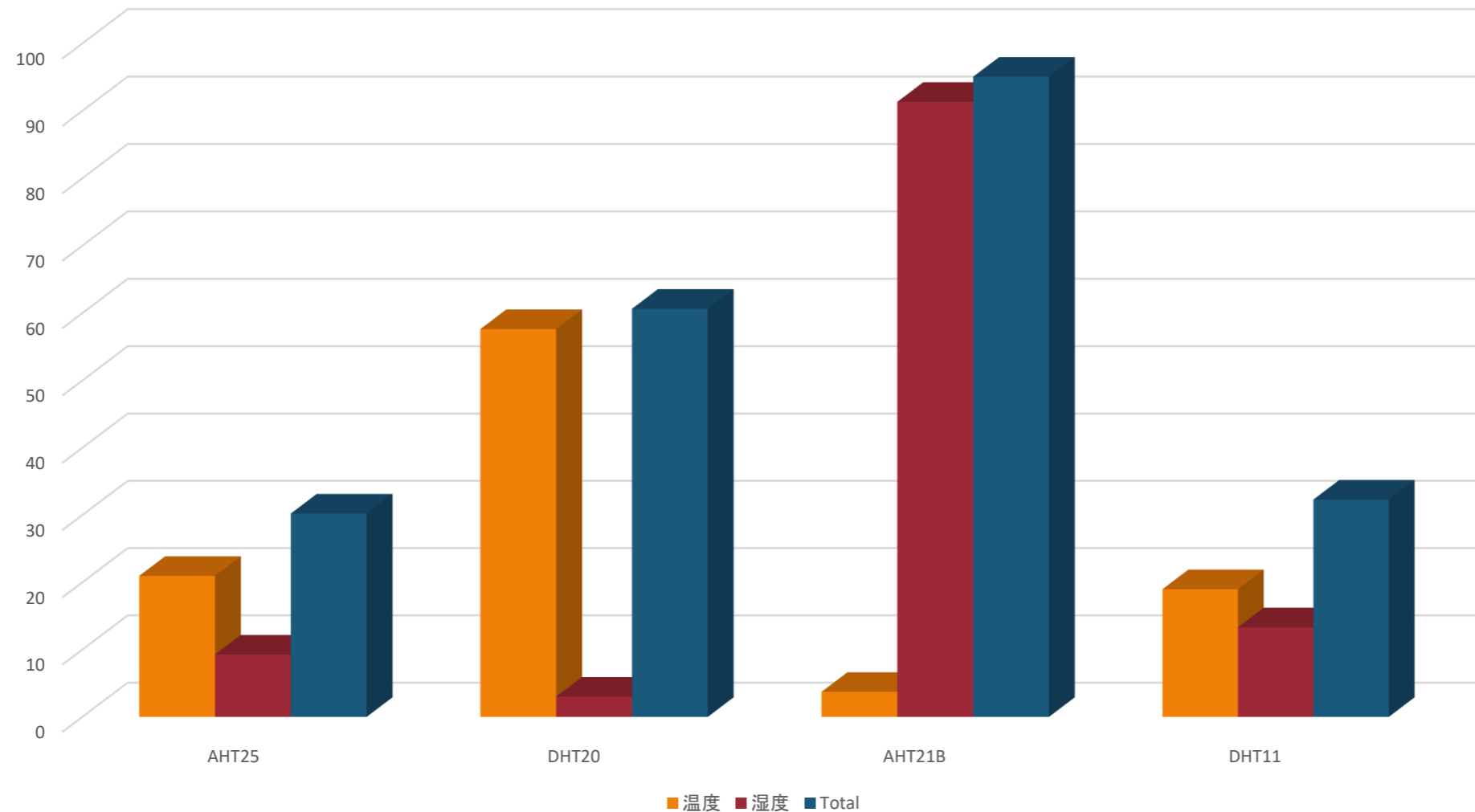
# 6. 測定結果

- 高精度の測定には高度な測定器が必要だが、通常利用ではどのセンサも湿度変化を測定できている。
- 今回、誤差が最も少ない 第1位:DHT20 第2位:AHT25 第3位:DHT11





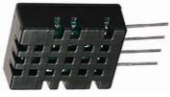
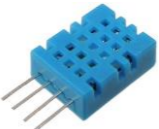
## 6. 測定結果(温湿度の誤差割合)

- ・ 温度及び湿度の全ての測定に誤差割合(20°Cの時に2°Cの誤差があれば10%)を算出し合計
- ・ 誤差割合が最も少ない 第1位:AHT25 第2位:DHT11 第3位:DHT20



# 7. まとめ(考察:温湿度センサ)

電子工作に利用するなら、精度、工作のしやすさ、価格などの面から、「DHT20」が一番良いと感じた。  
ただし、I2Cプログラミングはやや複雑なので、プログラミングを簡単にしたい場合は「DHT11」

データ取得	製品	価格	精度	工作のしやすさ	プログラミング	記事
I2C通信	[AHT25] 	350円	利用可能	ブレッドボードでの利用はケーブルが必要	I2C通信 やや複雑	特になし
	[AHT21B] 	400円	利用可能	容易	ライブラリ利用可 [AHT21B]	
	[DHT20] 	380円	利用可能	容易	I2C通信 やや複雑	
シリアル通信	[DHT11] 	480円	利用可能	容易	ライブラリ利用可 [DHT11]	少数以下の数値は測定できない