

《 新規(New)・変更(Change) 》

ほこりセンサ アプリケーションノート  
Dust Sensor Application Note

Product name ほこりセンサ Dust Sensor

Model No G P 2 Y 1 O 4 O A U 0 F

Rev. 1.1

本書は、著作権などに関わる情報を含みますのでお取り扱いにはご注意ください。  
This book include information protected under copyright.

シャープセミコンダクターイノベーション株式会社  
Sharp Semiconductor Innovation Corporation

第一開発部  
Development Div. I

# 改訂記録表

## Revision History Table

改訂番号 Revision No.	日付 Date	ページ Page	内容 Contents
Rev. 1.0	Dec. 4, 2020	-	・ 制定 - Established
Rev.1.1	May 17 2022		・ p.12-14 8.1.5 パッシブモード (Passive Mode) START byte1 change 0x42 → 0xA1 Change of Checksum value due to change of START byte1 value

# 内容

内容	3
1. 概要 (General specifications)	4
2. 特長 (Features)	4
3. 検出対象 (Objects to detect)	4
4. 用途 (Application)	4
5. ブロック図 (Block diagram)	5
6. エアフロー図 (Air flow diagram)	5
7. ピン配列 (Pin arrangement)	6
7.1 端子説明 (Pin descriptions)	6
7.2 出力コネクタ仕様 (Specifications of output connector)	6
8. 使用方法 (Description of usage)	7
8.1 UART インターフェース (UART interface)	7
8.1.1 接続例 (Example of connection)	7
8.1.2 アクティブモード (Active Mode) *default UART mode	8
8.1.3 データフレーム (Data frame)	9
8.1.4 測定データフォーマット (Measurement data format of UART)	9
8.1.5 パッシブモード (Passive Mode) *change mode	12
8.2 I <sup>2</sup> C インターフェース (I <sup>2</sup> C interface)	15
8.2.1 接続例 (Example of connection)	15
8.2.2 I <sup>2</sup> C 通信の仕様 (Specification of I <sup>2</sup> C interface)	16
8.2.3 測定データフォーマット (Measurement data format of I <sup>2</sup> C)	17
8.2.4 チェックサム (check sum)	20
8.2.5 I <sup>2</sup> C コマンド (I <sup>2</sup> C Commands)	21
9. 動作モード (Operation mode)	24
9.1 移動平均処理 (moving average processing)	24
9.2 スリープモード (Sleep mode)	24
9.3 インターバルモード (Interval mode)	25
9.4 クリーニングモード (Cleaning mode)	28
9.5 ファン回転数制御 (Fan speed control)	29
9.6 その他 (others)	29
10. 特記事項 (Note)	30
10.1 設置方法 (The installation method)	30
10.2 センサの分解 (Disassemble the sensor)	31
10.3 その他 (Others)	31
11. 参考データ (reference data)	32
11.1 個数濃度出力 NC_X : KCl 粒子 (Number concentration output NC_X : KCl)	32
11.2 質量濃度出力 PMX_1 : KCl 粒子 (Mass concentration output PMX_1 : KCl)	33
11.3 質量濃度出力 PMX_2 : たばこ煙 (Mass concentration output PMX_2 : cigarette smoke)	33

## 1. 概要 (General specifications)

[ほこりセンサGP2Y1040AU0Fアプリケーションノート] は、ほこりセンサを使用頂く際の参考として頂く為、使用方法、使用上の注意事項、諸特性データ等を取りまとめたものです。

お客様の設計に御活用頂きます様お願い致します。

尚、本資料を参考として頂き、使用になる実装状態にて御確認の上使用下さい。

This Application Note of dust sensor module (GP2Y1040AU0F) is a document consists from explanation how to use, cautions when using it, and characteristics data, for the customer's reference when applying this device.

When designing the device, please refer to this document and also evaluate it under actual usage conditions.

## 2. 特長 (Features)

- ・ VCSEL による光散乱粒子計測
- ・ 最小 0.3 $\mu\text{m}$  までの粒子計測が可能
- ・ 粒子個数濃度、および、質量濃度のリアルタイム出力
- ・ 高精度、高感度、高速応答
- ・ コンパクトなサイズ (高さ : 12mm)
- ・ 2 種類のインターフェース (UART、I<sup>2</sup>C) を選択可能
- ・ 高速回転によるファン内部の自動クリーニング機能を搭載
- ・ ファン回転数を制御可能 (音響ノイズを調整可能)
- VCSEL-based light scattering particle sensing
- The smallest size of available measurement: 0.3 $\mu\text{m}$
- Real-time output: mass concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and number concentration ( $\#/ \text{cm}^3$ )
- High accuracy, high sensitive and quick response
- Compact size (Height: 12mm)
- Two types of interfaces (UART and I<sup>2</sup>C) available
- Automatic cleaning function inside the fan by high-speed rotation.
- Fan speed can be controlled (acoustic noise can be adjusted)

## 3. 検出対象 (Objects to detect)

- ・ ハウスダスト、たばこの煙、等
- House dust, Cigarette smoke, etc.

## 4. 用途 (Application)

- ・ 空気清浄機
- ・ エアコン
- ・ 換気システム
- ・ 空気質モニター
- ・ 家電製品
- Air purifier
- Air conditioner
- Ventilation system
- Air quality monitor
- Consumer electronic products

## 5. ブロック図 (Block diagram)

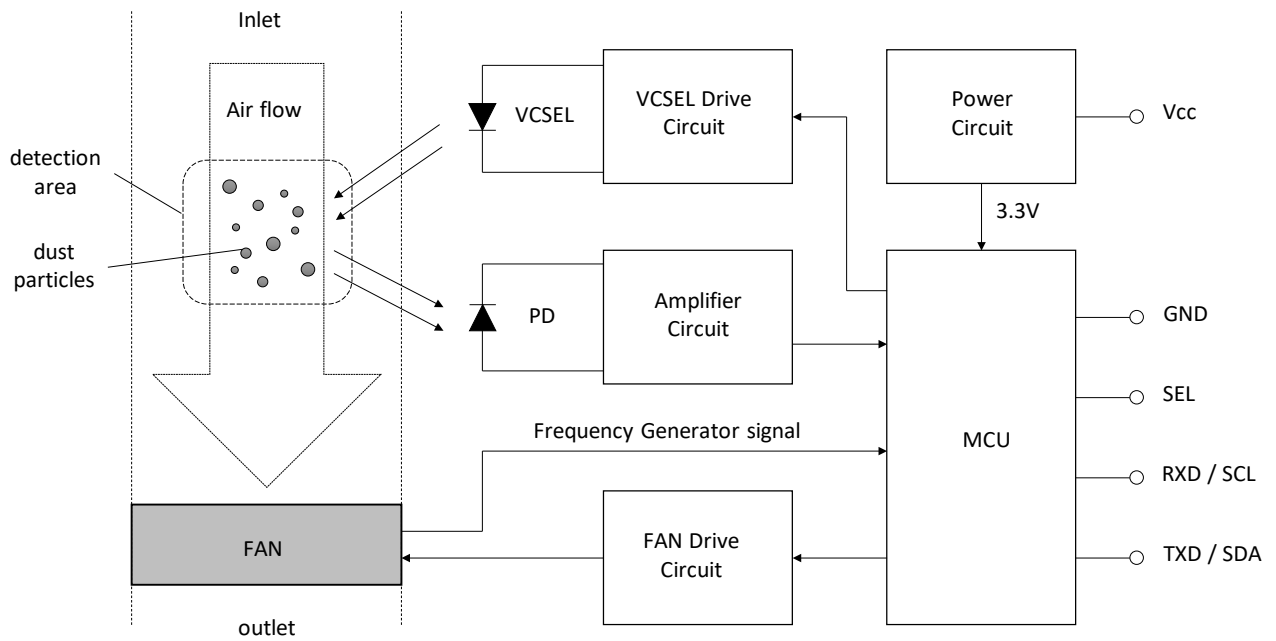


Fig. 1. ブロック図 (Block diagram)

## 6. エアフロー図 (Air flow diagram)

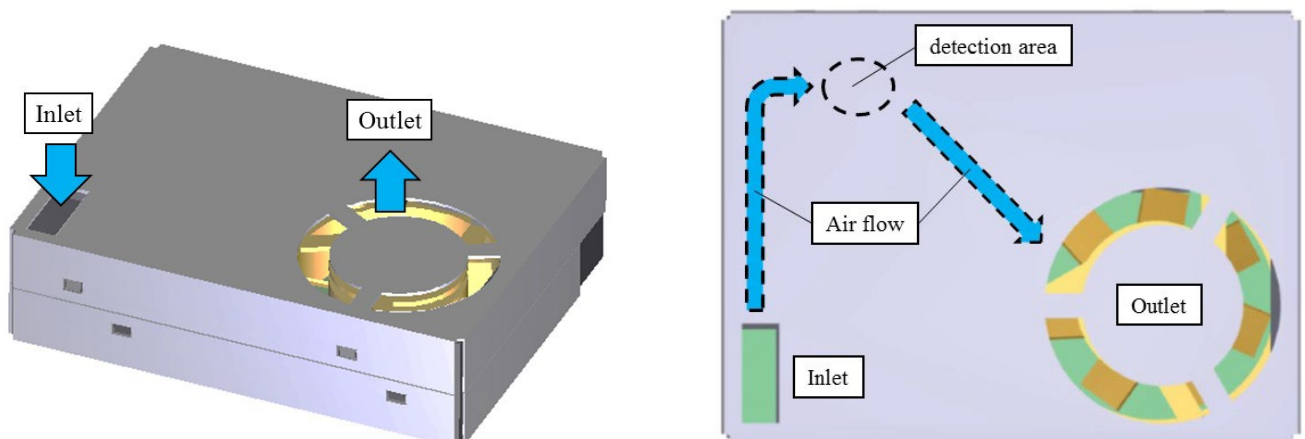


Fig. 2. エアフロー図 (Air flow diagram)

## 7. ピン配列 (Pin arrangement)

### 7.1 端子説明 (Pin descriptions)

Table\_1. モジュール用6ピンコネクタ (6pin connector to the module)

番号 No.	端子名 PIN Name	端子説明 Description	備 考 Remarks
1	TXD	UART : Transmitting Pin	3.3V Logic
	SDA	I <sup>2</sup> C : Serial data	
2	RXD	UART : Receiving Pin	3.3V Logic
	SCL	I <sup>2</sup> C : Serial clock	
3	SEL	Interface select	UART : Floating or 3.3V I <sup>2</sup> C : Low level (=GND)
4	GND	Ground	—
5	Vcc	Supply Voltage	5V±10%
6	GND	Ground	—

- ・ 4番ピン、6番ピンは両方共に GND に接続してください
- Please connect both No.4 pin and No.6 pin to GND.

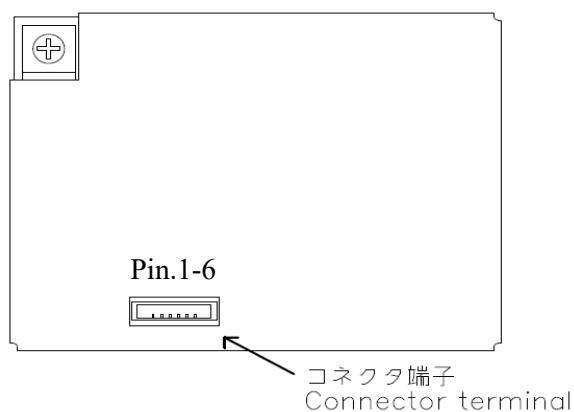


Fig. 3. センサ外形図 (outline)

### 7.2 出力コネクタ仕様 (Specifications of output connector)

- ・ モジュールコネクタ 50801W00-6P-S-HF ; JCTC 製
- The module connector 50801W00-6P-S-HF ; Shenglan Technology.co.,LTD.(JCTC)

## 8. 使用方法 (Description of usage)

・本製品は調歩同期式通信機能 (UART) を用いたデータ送信とI<sup>2</sup>Cを用いたデータ送信の2つの通信方法があります。

- This sensor uses two communication way, UART and I<sup>2</sup>C.

### 8.1 UART インターフェース (UART interface)

#### 8.1.1 接続例 (Example of connection)

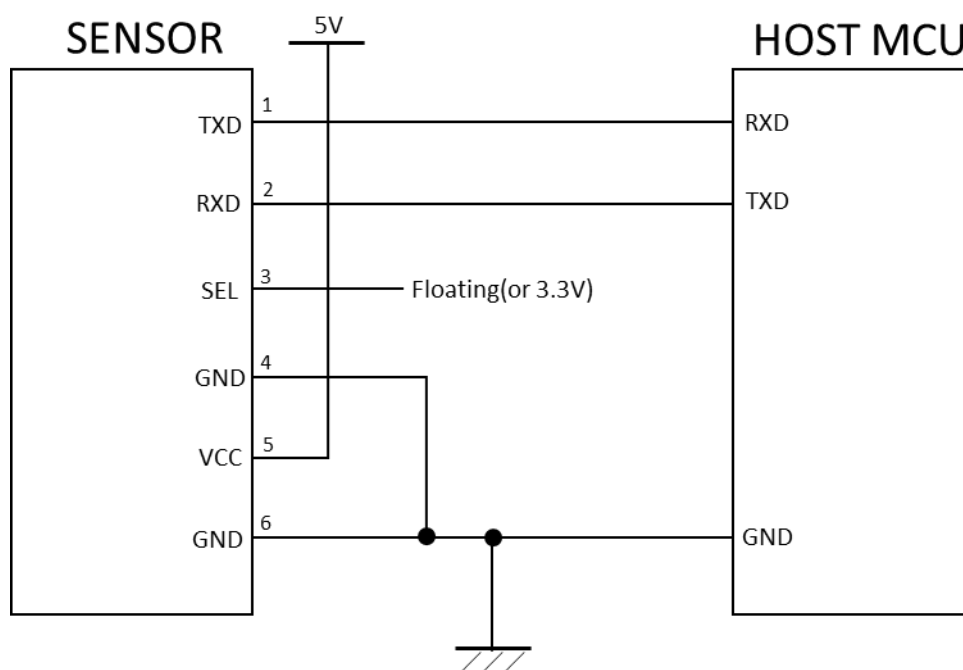


Fig. 4. 接続例 (example of connection)

・ UARTインターフェースを使用する場合は、SEL端子 (3番ピン) をフローティング (もしくは3.3V) にしてください。

- To select the UART interface, set the SEL terminal (pin 3) to floating (or 3.3V).

・ センサのRXD端子とホストのTXD端子を接続しない場合は、センサのRXD端子 (2番ピン) はフローティングにしてください。この場合、後述のパッシブモードは使用できません。

- If the RXD terminal of the sensor and the TXD terminal of the host are not connected, leave the RXD terminal (pin 2) of the sensor floating. In this case, the passive mode described later cannot be used.

・ TXD端子、RXD端子、SEL端子には、3.6V以上の電圧を印加しないでください。

- Please do not apply more than 3.6V to TXD, RXD and SEL terminal.

## 8.1.2 アクティブモード (Active Mode) \*default UART mode

- ・電源投入後のデフォルトモードは、アクティブモードになります。アクティブモードでは、シリアルデータを約1秒毎に自動的に出力します。
- The default mode after power-on is active mode. In active mode, the sensor automatically outputs serial data about every second.
- ・データフレームの構成は、スタートビット、データ、ストップビットからなり、1データフレームごとに非同期でデータを送信します。
- The data frame consists of start bit, data and stop bit. It sends the data asynchronously within each data frame.
- ・本センサは、1秒に1回、下図Fig. 5に示すように、28バイトのデータを出力します。
- This sensor outputs 28 bytes of data once in a second as shown in Fig.5 below.

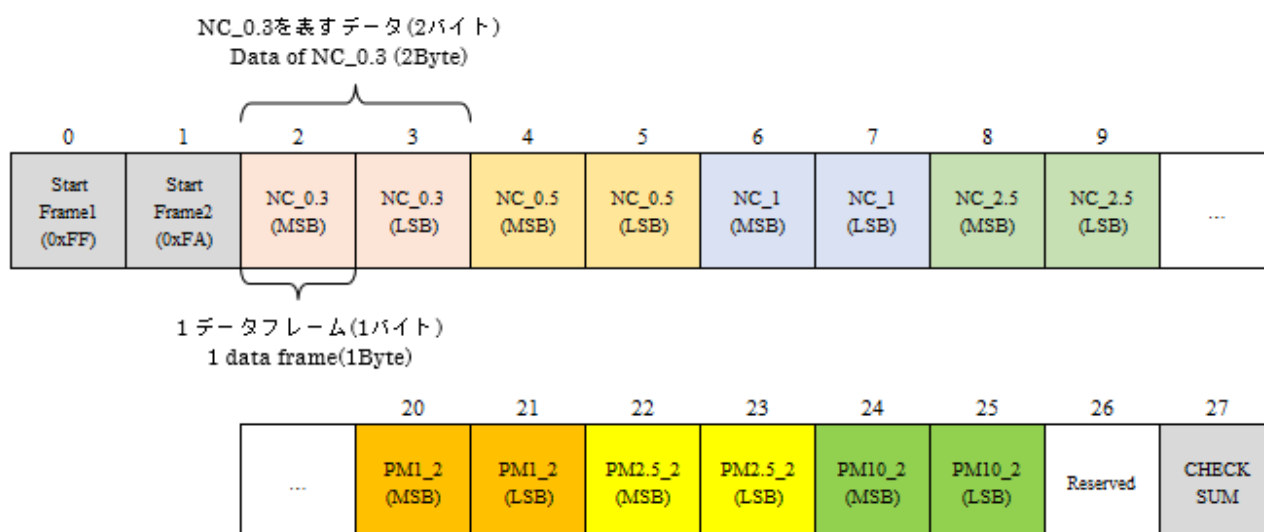


Fig. 5. データ内容 (Contents of data)

- ・センサから出力される28バイトのデータは、すべて読み込んでください。
- Please read all 28 bytes of data output from this sensor.
- ・受信データの先頭の2バイト(2データフレーム)は、データの開始を表すスタートフレームです。0xFF, 0xFAを用いてデータの先頭位置を確認して下さい。
- The first 2 bytes (2 data frames) of received data is the Start Frame that indicates the start of the data. Please check the start position of the data by using 0xFF, 0xFA.



- CheckSumは、スタートフレームおよびReservedを含むすべてのデータフレーム（27バイト）を加算した下位1バイトとします。受信データのCheckSumが一致した時の受信データのみを使用してください。
- CheckSum means lower 1 byte data which is the sum of all data frames (27 bytes) including start frames and Reserved. The Received data can be used when the received data and the Check Sum match.

### 8.1.3 データフレーム (Data frame)

Table\_2. データフレーム設定 (Data frame setting)

Parameter	Value
Data bit size	8bit
Parity	none
Stop bit size	1bit
Baud Rate	9600 bps

- 受信データのデータフレームのフォーマットは下図Fig. 6のようになります。
- The format of the data frame of receiving data is as shown in Fig.6 below.

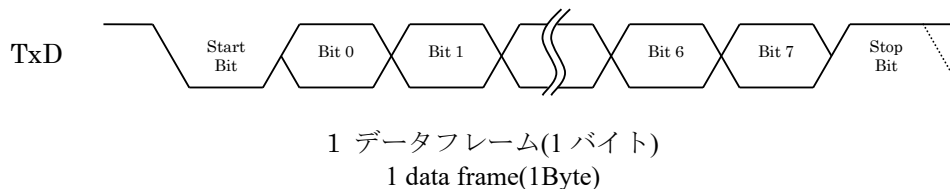


Fig. 6. データフレームのフォーマット (Format of data frame)

### 8.1.4 測定データフォーマット (Measurement data format of UART)

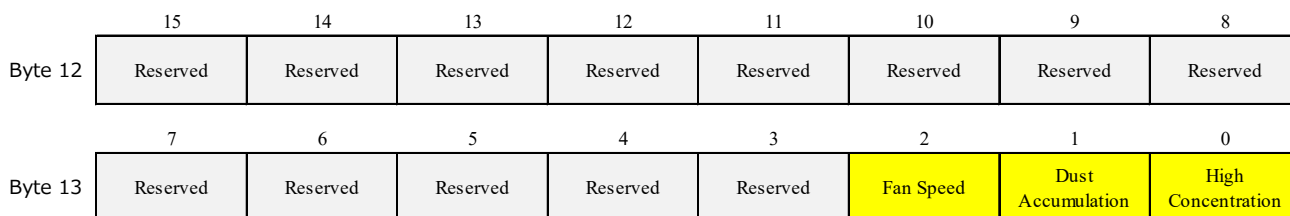
- UARTの測定データフォーマットを下表Table\_3に示します。
- The measurement data format of UART is shown in Table\_3 below.
- 上記の図5に示すように、各UART出力データは2バイトのビッグエンディアンのフォーマットになっています。
- As shown in Figure 5 above, each UART output data is in 2 byte big endian format.

Table\_3. 測定データフォーマット (Measurement Data Format of UART)

Byte	Symbol	Size [byte]	Format	Description
0-1	Start Frame	2	0xFF, 0xFA	Start of output data
2-3	NC 0.3	2	Unsigned int (16bit) big-endian	<b>NC_X [0.1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size X $\mu$ m-10 $\mu$ m
4-5	NC 0.5	2		
6-7	NC 1	2		
8-9	NC 2.5	2		
10-11	NC 4	2		
12-13	Status	2	-	Information about the internal state of the dust sensor module
14-15	PM1_1	2	Unsigned int (16bit) big-endian	<b>PMX_1 [<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3 $\mu$ m-X $\mu$ m (standard particle)
16-17	PM2.5_1	2		
18-19	PM10_1	2		
20-21	PM1_2	2	Unsigned int (16bit) big-endian	<b>PMX_2 [<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3 $\mu$ m-X $\mu$ m (cigarette smoke)
22-23	PM2.5_2	2		
24-25	PM10_2	2		
26	Reserved	1	-	reserved for future expansion
27	Checksum	1	unsigned int (8bit)	Check sum (8bit)

- NC\_X (Byte2-11) は、それぞれ粒子径範囲：X $\mu$ m $\sim$ 10 $\mu$ mにおける個数濃度出力を表しており、その単位は[0.1個/cm<sup>3</sup>]になります。
- NC\_X (Byte2-11) represents the number concentration output in the particle size range X  $\mu$ m to 10  $\mu$ m, and the unit is [0.1 particles / cm<sup>3</sup>].
- PMX\_1(Byte14-19)は、それぞれ、粒子径範囲：0.3 $\mu$ m $\sim$ X $\mu$ mにおける標準粒子の質量濃度出力を表しており、その単位は[ $\mu$ g/m<sup>3</sup>]になります。標準粒子としてKCl（塩化カリウム）粒子を使用しています。
- PMX\_1 (Byte14-19) represents the mass concentration output of standard particles in the particle size range 0.3  $\mu$ m to X  $\mu$ m, and the unit is [ $\mu$ g / m<sup>3</sup>]. As standard particles, KCl (potassium chloride) particles are used as standard particles.
- PMX\_2(Byte20-25)は、それぞれ、粒子径範囲：0.3 $\mu$ m $\sim$ X $\mu$ mにおける、たばこ煙粒子の質量濃度出力を表しており、その単位は[ $\mu$ g/m<sup>3</sup>]になります。標準試料（たばこ煙）としてJT製のMebius、又は、紅塔山（Hong Ta Shan）を使用しています。
- PMX\_2 (Byte20-25) represents the mass concentration output of cigarette smoke in the particle size range 0.3  $\mu$ m to X  $\mu$ m, and the unit is [ $\mu$ g / m<sup>3</sup>]. As a standard sample (cigarette smoke), JT's Mebius or Hong Ta Shan is used.

- Status (Byte12-13)は、ほこりセンサモジュールの内部状態に関する情報を表しています (Bit0-Bit2)。Bit3-Bit15については、将来の拡張用に予約されています。
- Status (Byte12-13) represents information about the internal state of the dust sensor module (Bit0-Bit2). Bit3-Bit15 are reserved for future expansion.



**Bit 0 : High Concentration**

- 0 : 濃度は測定可能範囲
- 1 : 濃度が超高濃度 (測定不能)

- 0: Concentration is within the measurable range.
- 1: Concentration is extremely high (not measurable).

**Bit 1 : Dust Accumulation**

- 0 : 正常 (測定可能)
- 1 : センサ内部にほこりが蓄積 (測定不能)

- 0: Normal (measurable)
- 1: Dust accumulates inside the sensor (not measurable).

**Bit 2 : Fan Speed**

- 0 : ファン回転数は正常
- 1 : ファン回転数が設定範囲外

- 0: Fan Speed is normal.
- 1: Fan Speed is out of the set range.

- Byte26は、将来の拡張用に予約されています。
- Byte26 is reserved for future expansion.

### 8.1.5 パッシブモード (Passive Mode) \*change mode

- ・アクティブモード（デフォルト設定）から、パッシブモードに動作モードを変更することにより、下表Table\_4に示すように、任意のタイミングでの測定データの読出し、各コマンドの実行、及び、各パラメータの設定変更が可能になります。
- By changing the operation mode from active mode (default setting) to passive mode, it is possible to read measurement data at any timing, execute commands, and change parameter settings as shown in Table\_4 below.

Table\_4. ホストプロトコル (Host Protocol)

START byte1	START byte2	Command	Data1	Data2	Check Sum1	Check Sum2
0xA1	0x4D	CMD	DATAH	DATAL	CSH	CSL

- Checksum = 0xA1 + 0x4D + CMD + DATAH + DATAL - **0x5F**

#### Command definition

CMD	DATAH	DATAL	SYMBOL	Function
0xE2	X	X	READ	Read in passive mode
0xE1	X	0x00	MODE	Passive mode
		0x01		Active mode (default)
0xE4	X	0x00	SLEEP	Sleep
		0x01		wake up
0x01	X	X	CLEAN	Start Cleaning
0x02	0x81	X	RESET	Software reset
0x03	0x00	DATA	MAVE	Set the number of moving averages 1-60 [times] <default = 10>
0x04	0x00	DATA	TINT	Set interval time 0-59 [s] <default = 0>
0x05	0x00	DATA	TPREFAN	Set the pre-rotation time of the fan 0-59 [s] <default = 3>
0x06	DATA	DATA	TINTC	Set interval time for auto cleaning 0-60480 [10s] <default = 60480>
0x07	0x00	DATA	TCLEAN	Set cleaning time 0-255 [s] <default = 10>
0x08	0x00	DATA	SPEEDFAN	Fan Speed Control 60-100 [%] <default = 100>

“X” means “Don’t care”

## ●使用例 (Example Frames)

- ・モードを変更：アクティブモード→パッシブモード

- change mode : Active mode → Passive mode

0xA1	0x4D	0xE1	0x00	0x00	0x01	0x70
------	------	------	------	------	------	------

- ・モードを変更：パッシブモード→アクティブモード

- change mode : Passive mode → Active mode

0xA1	0x4D	0xE1	0x00	0x01	0x01	0x71
------	------	------	------	------	------	------

- ・データ読み出し (パッシブモード)。出力データのフォーマットは、アクティブモードと同じです。尚、データ読み出しの間隔は1秒以上に設定してください。

- Read in passive mode. The output data format is the same as in active mode. Please set the data read interval to 1 second or longer.

0xA1	0x4D	0xE2	0x00	0x00	0x01	0x71
------	------	------	------	------	------	------

- ・スリープモードへ変更

- Change to sleep mode

0xA1	0x4D	0xE4	0x00	0x00	0x01	0x73
------	------	------	------	------	------	------

- ・スリープモードからの復帰

- Wake up from sleep mode

0xA1	0x4D	0xE4	0x00	0x01	0x01	0x74
------	------	------	------	------	------	------

- ・クリーニングの実行。コマンド実行後、センサーは測定を中断しクリーニングが実行されます。

- Start cleaning. After executing the command, the sensor interrupts the measurement and performs cleaning.

0xA1	0x4D	0x01	0x00	0x00	0x00	0x90
------	------	------	------	------	------	------

- ・ソフトリセットコマンド。コマンド実行後、センサーはパワーオンリセットと同じ状態になります。
- Soft reset command. After executing this command, the sensor will be in the same state as a power on reset.

0xA1	0x4D	0x02	0x81	0x00	0x01	0x12
------	------	------	------	------	------	------

- ・パラメータ変更。例えば、TCLEAN（クリーニング時間。デフォルト=10秒）を60秒に変更
- Change parameters. For example, change TCLEAN (= cleaning time, default = 10 seconds) to 60 seconds.

(1) モードを変更：アクティブモード→パッシブモード

change mode : Active mode → Passive mode

0xA1	0x4D	0xE1	0x00	0x00	0x01	0x70
------	------	------	------	------	------	------

(2) パラメータ：TCLEANを60秒に設定

Parameter : TCLEAN set to 60 seconds.

0xA1	0x4D	0x07	0x00	0x3C	0x00	0xD2
------	------	------	------	------	------	------

(3) パラメータ設定後、センサーから同じフレームデータがコールバックされます。

After setting the parameters, the same frame data is called back from the sensor.

0xA1	0x4D	0x07	0x00	0x3C	0x00	0xD2
------	------	------	------	------	------	------

(4) モードを変更：パッシブモード→アクティブモード（アクティブモードを使用する場合）

change mode : Passive mode → Active mode (when using active mode)

0xA1	0x4D	0xE1	0x00	0x01	0x01	0x71
------	------	------	------	------	------	------

- ・上表 Table\_4 の CMD=0x03~0x07 のコマンドに関しては、パラメータ設定後、センサーから同じフレームデータがコールバックされます。上記(3)を参照。
- For the commands of CMD=0x03 to 0x07 in Table\_4 above, the same frame data is called back from the sensor after setting the parameters. See (3) above.

## 8.2 I<sup>2</sup>C インターフェース (I<sup>2</sup>C interface)

### 8.2.1 接続例 (Example of connection)

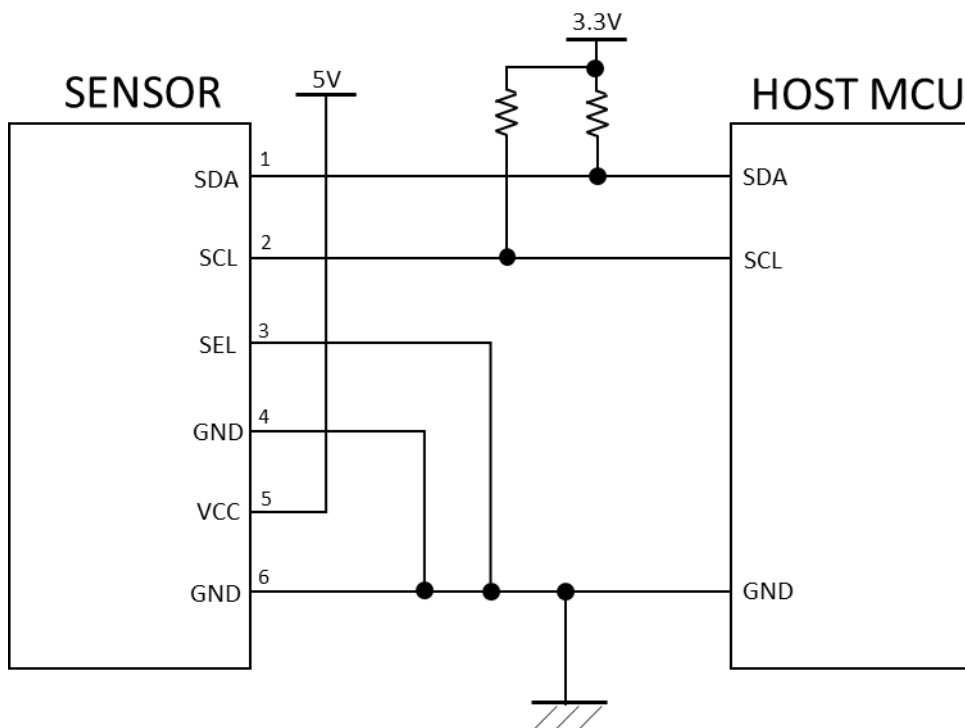


Fig. 7. I<sup>2</sup>C出力の接続例 (Example connection of I<sup>2</sup>C output)

- I<sup>2</sup>Cインターフェースを選択する場合は、センサの電源投入前、又は、センサの電源投入と同時に、SEL端子(3番ピン)をGND(0V)に接続してください。
- In order to select the I<sup>2</sup>C interface, the SEL terminal (Pin 3) must be connected to GND (0V) before or at the same time when the sensor is powered on.
- 上図Fig. 7に示すように、SCL端子とSDA端子には、外部にプルアップ抵抗 (例えば、10k $\Omega$ ) を接続してください。
- SCL and SDA terminals should be connected to external pull-up resistors (e.g. 10k $\Omega$ ) as shown in Fig.7 above.

## 8.2.2 I<sup>2</sup>C 通信の仕様 (Specification of I<sup>2</sup>C interface)

- 本製品のI<sup>2</sup>C通信の仕様を下表Table\_5に示します。
- The spec of I<sup>2</sup>C output is shown in Table\_5 below.

Table\_5. I<sup>2</sup>C通信の仕様 (Specification of I<sup>2</sup>C interface)

Slave address	0x69
Clock frequency	100kHz
General Call Address	Unsupported

- 測定データは1秒に1回更新されます (デフォルト設定)。インターバル時間の変更により、測定間隔 (データ更新間隔) を変更することが可能です (後述)。
- Measured data is updated once a second (default setting). The measurement interval (data update interval) can be changed by changing the interval time. (See below)
- 測定データを読み出す場合、下図のFig. 8に示すように、I<sup>2</sup>Cリードコマンドで72Byteすべてを連続で読み込んでください。
- When reading the measured data, please read all 72-byte data frames continuously by I<sup>2</sup>C read command, as shown in Fig.8 below.

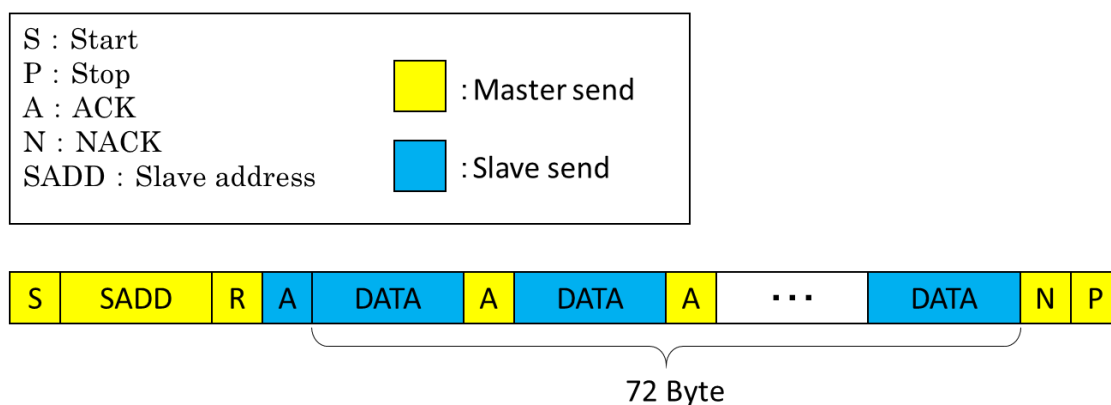


Fig. 8. データの読み込み (Reading data)



### 8.2.3 測定データフォーマット (Measurement data format of I<sup>2</sup>C)

- ・ I<sup>2</sup>Cインターフェースでの測定データフォーマットを下表Table\_6に示します。
- The measurement data format of I<sup>2</sup>C interface is shown in Table\_6 below.

Table\_6. 測定データフォーマット (Measurement data format of I<sup>2</sup>C)

Byte	Symbol	Size [Byte]	Format	Description
0,1	NC_0.3	2	Upper two bytes	<b>NC_0.3 [1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size 0.3μm-10μm <IEEE754 float(32bit), big-endian>
2		1	CRC-8 for bytes 0,1	
3,4		2	Lower two bytes	
5		1	CRC-8 for bytes 3,4	
6,7	NC_0.5	2	Upper two bytes	<b>NC_0.5 [1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size 0.5μm-10μm <IEEE754 float(32bit), big-endian>
8		1	CRC-8 for bytes 6,7	
9,10		2	Lower two bytes	
11		1	CRC-8 for bytes 9,10	
12,13	NC_1	2	Upper two bytes	<b>NC_1 [1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size 1μm-10μm <IEEE754 float(32bit), big-endian>
14		1	CRC-8 for bytes 12,13	
15,16		2	Lower two bytes	
17		1	CRC-8 for bytes 15,16	
18,19	NC_2.5	2	Upper two bytes	<b>NC_2.5 [1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size 2.5μm-10μm <IEEE754 float(32bit), big-endian>
20		1	CRC-8 for bytes 18,19	
21,22		2	Lower two bytes	
23		1	CRC-8 for bytes 21,22	
24,25	NC_4	2	Upper two bytes	<b>NC_4 [1/cm<sup>3</sup>]</b> Number concentration of particle size 4μm-10μm <IEEE754 float(32bit), big-endian>
26		1	CRC-8 for bytes 24,25	
27,28		2	Lower two bytes	
29		1	CRC-8 for bytes 27,28	
30,31	Status	2	Upper two bytes	Information about the internal state of the dust sensor module
32		1	CRC-8 for bytes 18,19	
33,34		2	Lower two bytes	
35		1	CRC-8 for bytes 21,22	
36,37	PM1_1	2	Upper two bytes	<b>PM1_1 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-1μm ( <b>standard particle</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
38		1	CRC-8 for bytes 36,37	
39,40		2	Lower two bytes	
41		1	CRC-8 for bytes 39,40	

Byte	Symbol	Size [Byte]	Format	Description
42,43	PM2.5_1	2	Upper two bytes	<b>PM2.5_1 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-2.5μm ( <b>standard particle</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
44		1	CRC-8 for bytes 42,43	
45,46		2	Lower two bytes	
47		1	CRC-8 for bytes 45,46	
48,49	PM10_1	2	Upper two bytes	<b>PM10_1 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-10μm ( <b>standard particle</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
50		1	CRC-8 for bytes 48,49	
51,52		2	Lower two bytes	
53		1	CRC-8 for bytes 51,52	
54,55	PM1_2	2	Upper two bytes	<b>PM1_2 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-1μm ( <b>cigarette smoke</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
56		1	CRC-8 for bytes 54,55	
57,58		2	Lower two bytes	
59		1	CRC-8 for bytes 57,58	
60,61	PM2.5_2	2	Upper two bytes	<b>PM2.5_2 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-2.5μm ( <b>cigarette smoke</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
62		1	CRC-8 for bytes 60,61	
63,64		2	Lower two bytes	
65		1	CRC-8 for bytes 63,64	
66,67	PM10_2	2	Upper two bytes	<b>PM10_2 [μg/m<sup>3</sup>]</b> Mass concentration of particle size 0.3μm-10μm ( <b>cigarette smoke</b> ) <IEEE754 float(32bit), big-endian>
68		1	CRC-8 for bytes 66,67	
69,70		2	Lower two bytes	
71		1	CRC-8 for bytes 69,70	

- ・ 出力データは、下図のFig. 9のように、上位2バイトと下位2バイトに分けられ、それぞれの2バイトに対してCRC-8が付加されています。
- Output data is divided into upper 2 bytes and lower 2 bytes as shown in Figure 9 below, and CRC-8 is added to each 2 bytes.

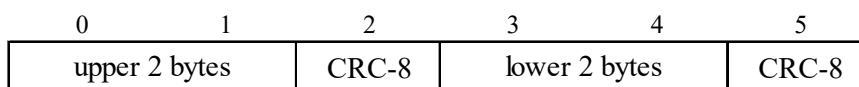


Fig. 9. データの内容 (Contents of data)

- ・ NC\_X (Byte0-29) は、それぞれ、粒子径範囲：X μm～10 μmにおける個数濃度出力を表しており、その単位は[個/cm<sup>3</sup>]になります。
- NC\_X (Byte0-29) represents the number concentration output in the particle size range X μm to 10 μm, and the unit is [particles / cm<sup>3</sup>].

- PMX\_1 (Byte36-53)は、それぞれ、粒子径範囲：0.3  $\mu\text{m}$   $\sim$  X  $\mu\text{m}$ における標準粒子の質量濃度出力を表しており、その単位は [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] になります。標準粒子としてKCl（塩化カリウム）粒子を使用しています。
- PMX\_1 (Byte36-53) represents the mass concentration output of standard particles in the particle size range 0.3  $\mu\text{m}$  to X  $\mu\text{m}$ , and the unit is [ $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ]. As standard particles, KCl (potassium chloride) particles are used as standard particles.
- PMX\_2 (Byte54-71)は、それぞれ、粒子径範囲：0.3  $\mu\text{m}$   $\sim$  X  $\mu\text{m}$ における、たばこ煙粒子の質量濃度出力を表しており、その単位は [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] になります。標準試料としてJT製のMebiusを使用しています。
- PMX\_2 (Byte54-71) represents the mass concentration output of cigarette smoke in the particle size range 0.3  $\mu\text{m}$  to X  $\mu\text{m}$ , and the unit is [ $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ]. As a standard sample, JT's Mebius is used.
- Status (Byte30-35)は、ほこりセンサモジュールの内部状態に関する情報を表しています (Bit0-Bit2)。Bit3-Bit31については、将来の拡張用に予約されています。
- Status (Byte30-35) represents information about the internal state of the dust sensor module (Bit0-Bit2). Bit3-Bit31 are reserved for future expansion.

	31	30	29	28	27	26	25	24
Byte 30	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved
	23	22	21	20	19	18	17	16
Byte 31	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved
	15	14	13	12	11	10	9	8
Byte 33	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved
	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte 34	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Reserved	Fan Speed	Dust Accumulation	High Concentration

#### Bit 0 : High Concentration

- 0 : 濃度は測定可能範囲
- 1 : 濃度が超高濃度 (測定不可)

- 0: Concentration is within the measurable range.
- 1: Concentration is extremely high (not measurable).

#### Bit 1 : Dust Accumulation

- 0 : 正常 (測定可能)
- 1 : センサ内部にほこりが蓄積 (測定不能)

- 0: Normal (measurable)
- 1: Dust accumulates inside the sensor (not measurable).

#### Bit 2 : Fan Speed

- 0 : ファン回転数は正常
- 1 : ファン回転数が設定範囲外

- 0: Fan Speed is normal.
- 1: Fan Speed is out of the set range.

## 8.2.4 チェックサム (check sum)

- ・ I<sup>2</sup>CではチェックサムにCRC-8を使用しています。下表Table\_7に、本製品で使用されているCRC-8の仕様を示します。
- CRC-8 is used as check sum in I<sup>2</sup>C output. The specifications of CRC-8 used in this sensor is shown in Table\_7 below.

Table\_7. チェックサム仕様 (Specification of check sum)

Name	CRC-8
Protected data	Read data
Width	8bit
Polynomial	0x31
Initialization	0xFF
Reflect output	None
Final XOR	None
Example	CRC(0xBEEF)=0x92 CRC(0x0000)=0x81

- ・ 受信データは、CRC-8が一致した時の受信データのみを使用してください。
- Receiving data can be used to use the data when the received data and the Check Sum are matched.

## 8.2.5 I<sup>2</sup>C コマンド (I<sup>2</sup>C Commands)

- ・使用可能なI<sup>2</sup>Cコマンドの概要を、下表Table\_8に示します。
- An overview of the available I<sup>2</sup>C commands is shown in Table\_8 below.

Table\_8. I<sup>2</sup>Cコマンド (I<sup>2</sup>C Commadns)

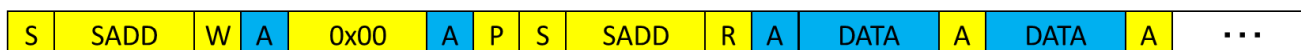
Address	R/W	Symbol	Function
0x00	R	READ	Read Measured value
0x50	R/W	SLEEP	[7] 1:Wake-up, 0:Sleep [0] 1:New data arrived, 0:New data not arrived
0x51	W	CLEAN	[0] 1:Start Cleaning
0x52	W	RESET	0x81:RESET (Same as power-on reset)
0x53	R/W	MAVE	[7:0] number of moving average : 1-60 (times) <default=10>
0x58	R/W	TINT	[7:0] interval time : 0-59 (s) <default=0>
0x59	R/W	TPREFAN	[7:0] pre-rotation time of the fan : 0-59 (s) <default=3>
0x5A	R/W	TINTC_H	[7:0] cleaning interval time_H : 0-60480 (10s) <default=60480>
0x5B	R/W	TINTC_L	[7:0] cleaning interval time_L : 0-60480 (10s) <default=60480>
0x5C	R/W	TCLEAN	[7:0] cleaning time : 0-60 (s) <default=10>
0x63	R/W	SPEEDFAN	[7:0] Fan speed control : 60-100 (%) <default=100>

### (1) 測定データの読出し (Read measured values) address : 0x00

- ・測定データは、下記のように全データ (72バイト) を読み込んでください。
- When reading measurement data, read all data (72 bytes) as shown below.



- ・0x00以外のアドレスが設定されている場合は、下記のように、アドレスを0x00に再設定してから読出してください。
- If the address is set to other than 0x00, please set the address to 0x00 again and read the measured data as shown below.



- ・測定データはおよそ1秒間隔で新しいデータに更新されますので、データの読出しは1秒以上の間隔を空けて実行してください。
- The measured data update interval is about 1 second, so read the data at intervals of 1 second or more.
- ・新しい測定データの更新有無を確認する場合、下記のようにアドレス0x50のデータを読みだしてください。但し、この機能を使用する場合は、1秒に1回程度の使用に制限してください。
- To check whether new measured data is updated, read the data at address 0x50 as shown below. However, when using this function, please limit the frequency to about once per second.

S	SADD	W	A	0x50	A	P	S	SADD	R	A	DATA	A	P
---	------	---	---	------	---	---	---	------	---	---	------	---	---

### (2) 測定の開始／停止 (Start / Stop Measurement) address : 0x50

- ・電源投入後、本センサは測定モードになります。
- After power up, this sensor is in measurement mode.
- ・測定を停止する場合は、下記のように設定してください。測定停止後、センサはスリープモードに入ります（測定停止、ファンとVCSELも停止）
- To stop measurement, Please set as below. After the measurement is stopped, the sensor goes into sleep mode (measurement stopped, Fan and VCSEL also stopped)

S	SADD	W	A	0x50	A	0x00	A	P
---	------	---	---	------	---	------	---	---

- ・測定を再開する場合は、下記のように設定してください。
- To start measurement again, Please set as below.

S	SADD	W	A	0x50	A	0x80	A	P
---	------	---	---	------	---	------	---	---

### (3) クリーニングの実行 (Start Cleaning) address : 0x51

- ・クリーニングをマニュアルで実行する場合は、下記のように設定してください。センサーは測定を中断し、クリーニングが実行されます。
- To start cleaning manually, please set as below. The sensor will interrupt the measurement and perform the cleaning.

S	SADD	W	A	0x51	A	0x01	A	P
---	------	---	---	------	---	------	---	---

#### (4) ソフトウェアリセット (Software Reset) address : 0x52

- ・ソフトリセットを実行する場合は、下記のように設定してください。リセット実行後、センサーはパワーオンリセットと同じ状態になります。
- To execute software reset, please set as below. After executing the software reset, the sensor is in the same state as the power-on reset.

S	SADD	W	A	0x52	A	0x81	A	P
---	------	---	---	------	---	------	---	---

#### (5) パラメータ設定／読出し (Set / Read Parameters) address : 0x53 – 0x5C, 0x63

- ・Table\_8 に記載のアドレスを設定することで、各パラメータの設定と読出しが可能です。
- Each parameter can be set and read by setting the address shown in Table\_8.
- ・例えば、移動平均回数 (0x53 : MAVE) を 60 回に設定する場合は、下記のように設定してください。
- For example, to set the number of moving averages (0x53 : MAVE) to 60 times, please set as below.

S	SADD	W	A	0x53	A	0x3C	A	P
---	------	---	---	------	---	------	---	---

- ・例えば、移動平均回数 (MAVE) の設定値を読み出す場合は、下記のように設定してください。
- For example, to read the value of the number of moving averages (MAVE) , please set as below.

S	SADD	W	A	0x53	A	P	S	SADD	R	A	DATA	P
---	------	---	---	------	---	---	---	------	---	---	------	---

## 9. 動作モード (Operation mode)

### 9.1 移動平均処理 (moving average processing)

- ・ センサから出力される測定データ (NC\_X、PMX\_1、PMX\_2) は、1秒毎に測定される測定値を移動平均した値になります。
  - The measurement data (NC\_X, PMX\_1, PMX\_2) output from the sensor is the moving average of the values measured every 1 second.
- ・ 移動平均の回数は、デフォルトで10回に設定されており、MAVE (移動平均回数) のパラメータ変更により、1回から60回まで変更が可能となります。
  - The number of moving averages is set to 10 times by default, and it can be changed from 1 to 60 times by changing the parameter of MAVE (the number of moving average).
- ・ 移動平均回数が高く設定される、測定精度は向上しますが、応答速度は遅くなります。移動平均回数が低く設定されると、測定精度は低下しますが、応答速度は速くなります。ご使用されるアプリケーションに合わせて、最適な設定でご使用ください。
  - When the number of moving averages is set high, the measurement accuracy improves, but the response speed becomes slow. When the number of moving averages is set low, the measurement accuracy decreases, but the response speed becomes high. Please use the optimal settings according to the application used.

### 9.2 スリープモード (Sleep mode)

- ・ UART、及び、I2Cインターフェースとも、電源投入後の動作は、約1秒に1回の測定を連続して実施する「連続測定モード」になります。
  - For both UART and I2C interface, the operation after power-on is "continuous measurement mode" in which measurement is performed once per second continuously.
- ・ 「連続測定モード」から「スリープモード」へ変更するためには、UART インターフェースの場合は、SLEEP コマンド: CMD=0xE4 を、I2C インターフェースの場合は SLEEP コマンド: Address=0x50 をそれぞれ使用します。上記の Table\_4 および Table\_8 を参照
  - To change from "continuous measurement mode" to "sleep mode", please use SLEEP command (CMD=0xE4) for UART interface and SLEEP command (Address=0x50) for I2C interface. See Table\_4 and Table\_8 above



- ・スリープモードでは、受光素子（フォトダイオード）と発光素子（VCSEL）を含むセンサ回路、ファン、及び、MCU の 1 部機能の動作が停止します。
- In sleep mode, the sensor circuit including the light receiving element (photodiode) and light emitting element (VCSEL), Fan, and some functions of the MCU are stopped.

### 9.3 インターバルモード (Interval mode)

- ・下図の Fig.10 に示すように、デフォルト設定では、電源投入後に約 1 秒に 1 回の測定を連続して実施する「連続測定モード」になります。
- As shown in Fig.10 below, the default setting is "continuous measurement mode" in which measurement is performed once per second continuously after power on.

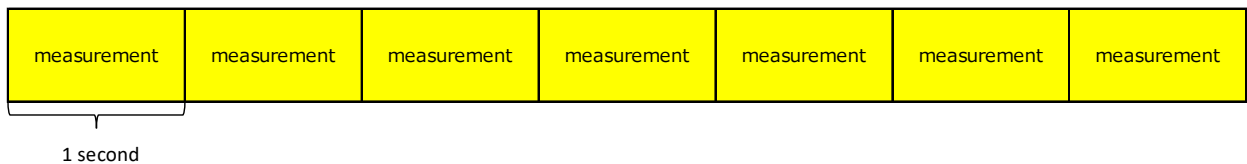


Fig. 10. 連続測定モード (Continuous measurement mode) \*default setting

- ・パラメータ：インターバル時間（TINT）を変更することにより、下図の Fig.11 に示すように、各測定間にインターバル時間を有するインターバルモード（間欠測定モード）に変更することが可能です。
- Parameter: By changing the interval time (TINT), it is possible to change to the interval mode (intermittent measurement) that has an interval time between each measurement, as shown in Fig. 11 below.

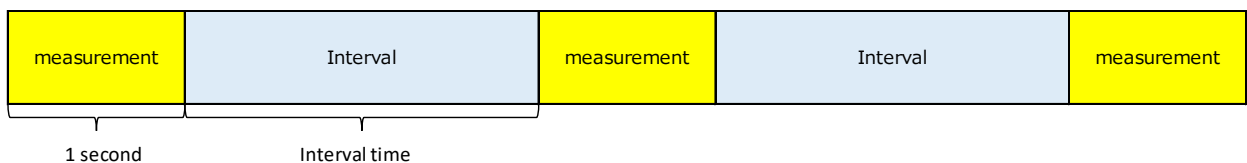


Fig. 11. インターバルモード (Interval mode : intermittent measurement)

- ・インターバルモードの測定周期は、測定時間の 1 秒（固定）と、インターバル時間（TINT）を足した時間になります。尚、インターバル時間（TINT）は、デフォルトでは 0 秒に設定されており、この場合は、インターバル時間が 0 秒の「連続測定モード」となります。
- The measurement cycle in the interval mode is the sum of the measurement time of 1 second (fixed) and the interval time (TINT). The interval time is set to 0 seconds by default. In this case, the interval time = 0 seconds, which means "continuous measurement mode".

- ・インターバル時間に入ると、センサは自動的にスリープモードに入り、インターバル時間が終了すると、自動的にスリープモードから復帰し測定を 1 回実施します。測定終了後、センサは再びスリープモードに入り、これらの一連の動作を繰り返します。
- At the interval time, the sensor automatically goes into sleep mode, and at the end of the interval time, the sensor automatically returns from sleep mode and performs one measurement. After the measurement is completed, the sensor enters sleep mode again and repeats these series of operations.
- ・インターバルモードでの測定時にファンの回転を安定化するため、下図 Fig.12 に示すように、測定開始前にファンのみを自動的に駆動する「ファンの事前回転時間」を設定することが可能です。
- In order to stabilize the rotation of the fan during measurement in the interval mode, it is possible to set the "pre-rotation time of the fan" that automatically drives only the fan before starting the measurement.

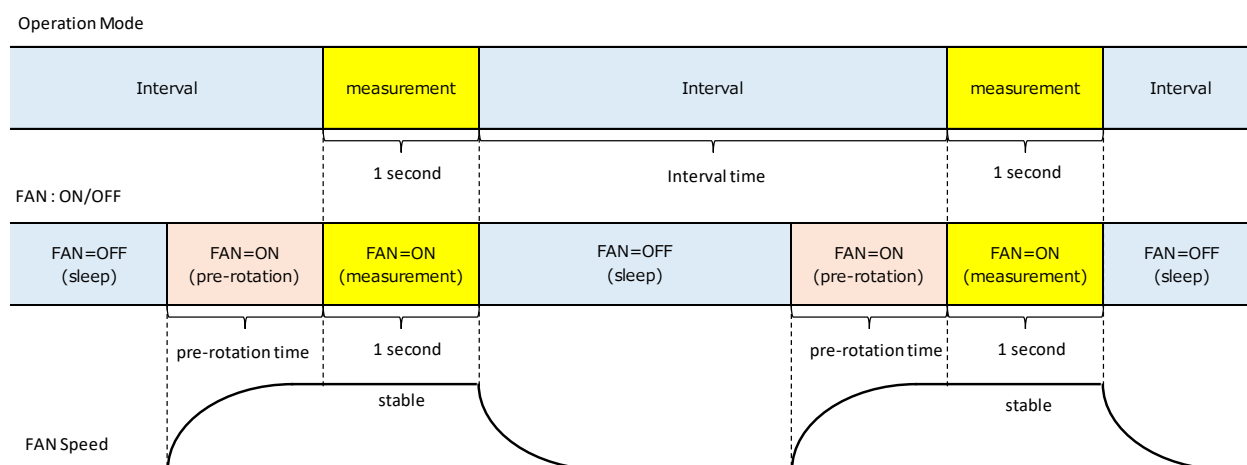


Fig. 12. ファンの事前回転時間とファン回転数 (pre-rotation time of fan, fan speed)

- ・ TPREFAN のパラメータを変更することにより、ファンの事前回転時間を変更することが可能です。デフォルト設定では、TPREFAN=3 秒（推奨）に設定されています。
- By changing the parameter of TPREFAN, it is possible to change the pre-rotation time of the fan. The default setting is TPREFAN=3 seconds (recommended).
- ・ TPREFAN  $\geq$  TINT（インターバル時間）と設定することにより、ファンを連続駆動した状態で、間欠測定をすることができます。
- By setting TPREFAN  $\geq$  TINT (interval time), intermittent measurement can be performed while the fan is continuously driven.

### ●インターバルモードの設定例 1 (Setting example\_1 for interval mode)

TINT = 59s → measurement cycle = 60s < 1s + 59s >  
TPREFAN = 5s → fan drive duty ratio = 10% < ( 1s + 5s ) / 60s >  
MAVE = 1 time → no moving average, response time = 60s

- ・上記の設定では、センサの駆動 Duty 比を 10%まで抑制できるため、通常の連続測定モードと比較して、平均の消費電力を 10%程度まで低減することが可能であり、さらに、VCSEL やセンサ回路の高寿命化も期待できます。
- With the above settings, since the drive duty ratio of the sensor can be suppressed to 10%, compared to the normal continuous measurement mode, it is possible to reduce the average power consumption to about 10%. In addition, it is expected that the VCSEL and sensor circuit will have a longer life.
- ・但し、測定周期が長く (60s) 、また、移動平均処理も使用しないため、応答速度、及び、測定精度は低下します。また、ファンの駆動 Duty 比は 10%であるため、センサ内に、常にほこり粒子を取り込む設定ではないため、ほこりの濃度が不安定な状態の場合、正確な濃度を検出できない可能性があります。
- However, since the measurement cycle is long (60s) and moving average processing is not used, the response speed and measurement accuracy will decrease. In addition, since the fan drive duty ratio is 10%, dust particles cannot always be taken into the sensor, so if the dust concentration is unstable, the correct concentration may not be detected.

### ●インターバルモードの設定例 2 (Setting example\_2 for interval mode)

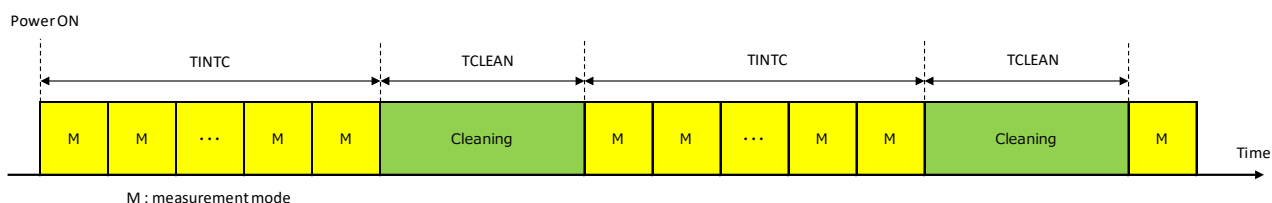
TINT = 59s → measurement cycle = 60s < 1s + 59s >  
TPREFAN = 59s → fan drive duty ratio = 100% < ( 1s + 59s ) / 60s >  
MAVE = 1 time → no moving average, response time = 60s

- ・上記設定では、ファンの駆動 Duty 比が 100%のままであり、平均の消費電力の低減効果は殆どありませんが、VCSEL やセンサ回路の高寿命化については期待できます。
- With the above settings, since the drive duty ratio of the sensor remains 100%, it is not possible to reduce the average power consumption so much, but it is expected that the VCSEL and sensor circuit will have a longer life.
- ・設定例 1 と同様に、応答速度、及び、測定精度は低下しますが、ファンは連続的に動作するため、センサ内に安定してほこり粒子を取り込むことができます。
- As with setting example 1, the response speed and measurement accuracy are reduced, but since the fan operates continuously, dust particles are always taken into the sensor, so the measurement of dust concentration is stable.

## 9.4 クリーニングモード (Cleaning mode)

- 本センサは、ファンを高速回転することにより、ファン内部に付着したほこりを外へ吹き飛ばすクリーニング機能を備えています。但し、この機能は、センサ内部に堆積した全てのほこりを完全に除去できるものではありません。
- This sensor has a cleaning function that blows out the dust accumulated inside the fan by rotating the fan at high speed. However, this function cannot completely remove all the dust accumulated inside the sensor.
- 下図 Fig.13 に示すように、自動クリーニングモードでは、クリーニングが定期的かつ自動的に実行されます。
- As shown in Fig. 13 below, in automatic cleaning mode, cleaning is performed automatically and periodically.

Fig. 13. 自動クリーニングモード (Automatic Cleaning mode)



- パラメータ変更により、自動クリーニングモードにおける、クリーニングインターバル時間とクリーニング時間を変更することができます。初期設定では、クリーニングインターバル時間 (TINTC) は 60480 [10s]、クリーニング時間 (TCLEAN) は 10[s] に設定されています。ここで、TINTC=60480[10s] は、1 週間に相当します。尚、TINTC を 0 に設定すると、オートクリーニングモードは無効になります。
- The cleaning interval time and cleaning time in the automatic cleaning mode can be changed by setting the parameters. By default, the cleaning interval time (TINTC) is set to 60480 [10s] and the cleaning time (TCLEAN) is set to 10 [s]. Here, TINTC=60480[10s] corresponds to one week. If TINTC is set to 0, automatic cleaning mode is disabled.
- また、Table\_4 または Table\_8 に記載の「Clean」コマンドを実行することにより、任意のタイミングでクリーニングをマニュアル実行することができます。TCLEAN で設定された時間だけクリーニングが実行された後、すぐにコマンド実行前と同じ状態に戻ります。
- By executing the “Clean” command described in Table\_4 or Table\_8, cleaning can be executed manually at any time. After the cleaning is executed for the time set in TCLEAN, it immediately returns to the same state as before the command was executed.

## 9.5 ファン回転数制御 (Fan speed control)

- Table\_4 または Table\_8 に記載の「SPEEDFAN」コマンドにより、ファン回転数を 60%～100%の範囲で設定変更することが可能です。デフォルトは 100%に設定されています。
- The fan speed can be changed in the range of 60% to 100% by using the "SPEEDFAN" command shown in Table\_4 or Table\_8. The default setting is 100%.
- ファン回転数をデフォルト設定よりも低く設定（100%未満）することにより、ファンの音響ノイズの低減が期待できます。但し、ファン回転数が低くなることにより、センサ内にほこり粒子を取り込む能力が低下するため、測定が不安定になり、正確な濃度を検出することができなくなる可能性があります。
- When the fan speed is set lower than the default setting (less than 100%), fan acoustic noise is expected to be reduced. However, as the fan speed decreases, the ability to capture dust particles inside the sensor decreases, which may reduce the stability of dust concentration measurement.
- ご使用されるアプリケーションに合わせて、最適な設定でご使用ください。
- Please use the optimal settings according to the application used.

## 9.6 その他 (others)

- 動作モードや設定等に関する詳細については、シャープにお問い合わせください。
- Please ask SHARP for further details on operating mode and settings, etc.

## 10.特記事項 (Note)

### 10.1 設置方法 (The installation method)

- 空気の流れを確保するため、センサの空気出入り口を塞がないように設置して下さい。センサの空気出入り口が塞がれると、正確に測定することが困難になります。
- Install the sensor so that the inlet/outlet of the sensor are not blocked in order to ensure airflow. If the inlet/outlet of the sensor is blocked, it will be difficult to measure accurately.
- センサの設置方向は、空気の出入り口の面が水平方向に向くように設置して下さい。下図 Fig. 14に推奨設置方向を示します。
- Install the sensor so that the air inlet/outlet surface faces horizontally. The recommended installation direction is shown in Fig. 14 below.

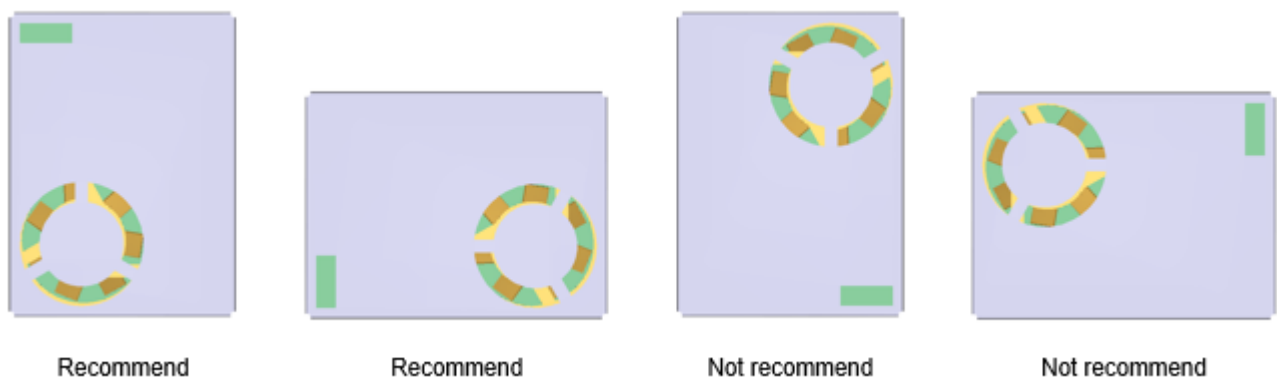


Fig. 14. 設置方法 (The installation method)

- 大きなほこり（糸ぼこりなど）や粗大粒子がセンサ内部に入らないように、使用機器の構造や機構に配慮をお願いします。目の粗いメッシュ状のフィルタをセンサの前に設置することは、大きなほこりを捕獲するのに有効です。
- Please consider the structure and the mechanism of the equipment so that large dust (string dust, etc.) and coarse particles should not enter the inside of the sensor. The installation of a coarse mesh filter in front of the sensor is effective for the capture of large dust and coarse particles.

## 10.2 センサの分解 (Disassemble the sensor)

- ・本製品のタッピングビス等を外し、分解しないで下さい。分解後、組み立てても仕様書の規格値が満足しなくなる場合があります。
- Please don't disassemble the sensor module. SHARP will not guarantee the specification even after re-assebling.

## 10.3 その他 (Others)

- ・本センサモジュールの仕様書内の「7. 使用上の注意事項」の内容に合わせて使用願います。なお、本アプリケーションノートと仕様書の間で疑義が生じた場合は、仕様書記載事項を優先とします。本アプリケーションノートは、弊社の特許・著作権等に関わる内容も含まれており、取り扱いには充分ご注意頂くと共に、本仕様書の内容を無断で複製しないようお願い申し上げます。
- Please use the sensor module properly according to “7. Notes” in the specification of the sensor module. If there is discrepancy between this application note and the specification, the items mentioned in the specification are to be prioritized. This application note includes contents which concern SHARP patents and copywrite. Please pay careful attention to handling this application note and don't duplicate the contents of the application note without permission from SHARP.
- ・本アプリケーションノートの記述内容は、日本語及び英語で併記されています。日本語と英語の記述の間で疑義が生じた場合は、日本語の記述の方を優先とします。
- The description in this specification is written in both Japanese and English. If there is any discrepancy between the Japanese and English descriptions, the Japanese description will take precedence.

## 11. 参考データ (reference data)

- Fig. 15-17に、センサの各出力 (NC\_X、PMX\_1、PMX\_2) vs. 質量濃度のグラフを示します。測定はUARTインターフェースで、連続測定モードで実施しています。
- Fig.15-17 shows a graph of each sensor output (NC\_X, PMX\_1, PMX\_2) vs. mass concentration. The measurement is performed in the continuous measurement mode with the UART interface.
- 横軸の質量濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] の測定には、TSI社製 DustTrak™ II \_model8530を基準計測器として使用。Fig. 17のたばこ煙の測定に関しては、基準器の出力に調整係数：0.38を掛けています。
- To measure the mass concentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] on the horizontal axis, TSI DustTrak™ II \_model8530 is used as a reference measuring instrument. For the measurement of cigarette smoke in Fig.17, the output of the reference instrument is multiplied by an adjustment factor of 0.38.
- Fig. 15の個数濃度出力 (NC\_X) のグラフについては、単位を [ $0.1\text{個}/\text{cm}^3$ ] から [ $\text{個}/\text{cm}^3$ ] に変換してプロットしています。
- In the graph of number concentration output (NC\_X) in Fig.15, the unit of measurement data is converted from [ $0.1\text{ pcs}/\text{cm}^3$ ] to [ $\text{pcs}/\text{cm}^3$ ].

### 11.1 個数濃度出力 NC\_X : KCl 粒子 (Number concentration output NC\_X : KCl particles)

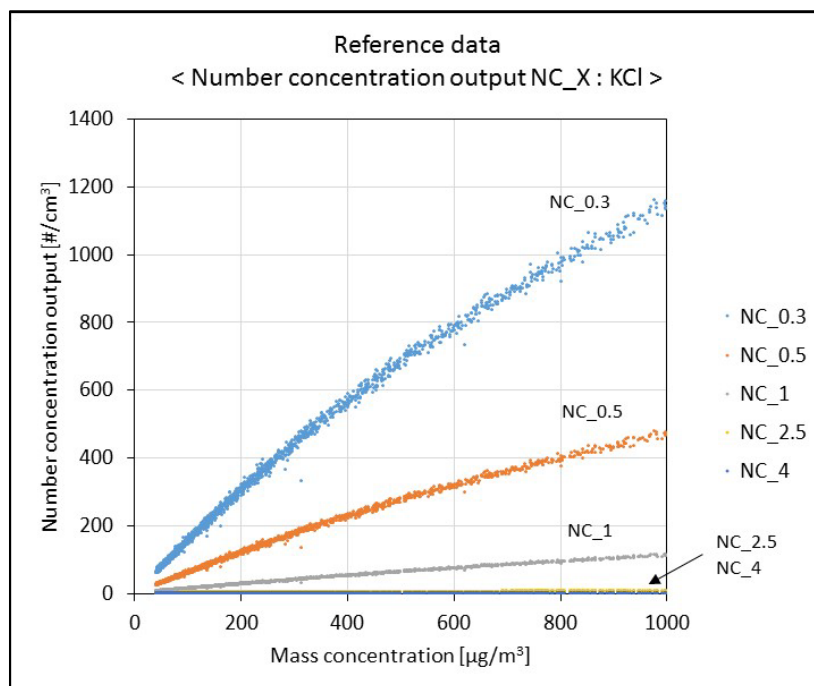


Fig. 15. 個数濃度出力 : KCl (Number concentration output : KCl)



## 11.2 質量濃度出力 PMX\_1 : KCl 粒子 (Mass concentration output PMX\_1 : KCl particles)

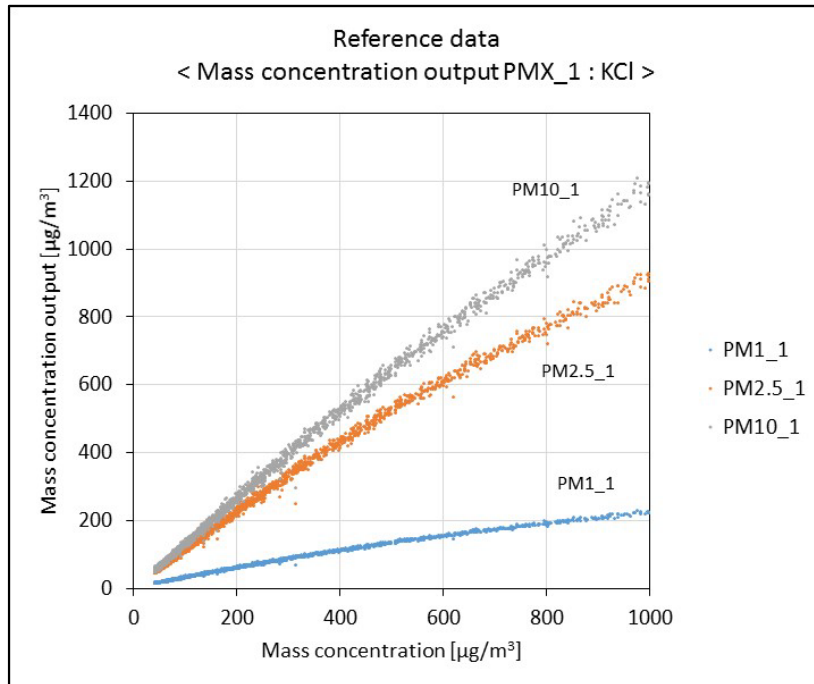


Fig. 16. 質量濃度出力 : KCl (Mass concentration output : KCl)

## 11.3 質量濃度出力 PMX\_2 : たばこ煙 (Mass concentration output PMX\_2 : cigarette smoke)

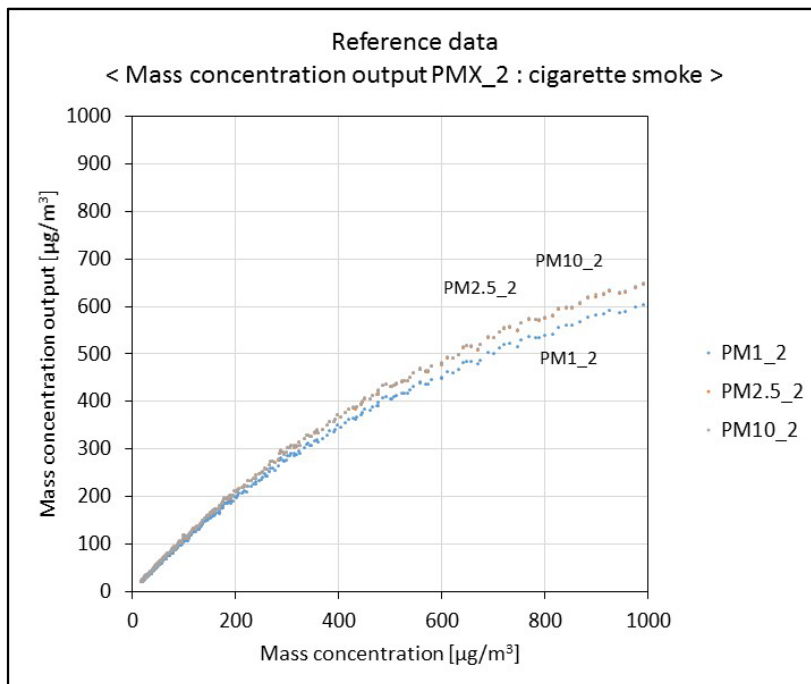


Fig. 17. 質量濃度出力 : たばこ煙 (Mass concentration output : cigarette smoke)