

USB 出力 9 軸 IMU センサ モジュール ver2.0 マニュアル

ver1.0 互換ファームウェアについて

0.7 版

2016 年 3 月 14 日

株式会社アールティ

改定歴

| 改定日 | バージョン | 変更内容 | 担当 |
|-----------|-------|------|----|
| 2016/3/14 | 0.7 版 | 作成 | 高橋 |

ファームウェア改定歴

| 改定日 | バージョン | 変更内容 | 担当 |
|-----------|-------|---|----|
| 2016/3/14 | 1.0 版 | USB 出力 9 軸 IMU センサモジュール ver1.0 互換ファームウェアの作成 | 高橋 |

目次

- [1. 注意事項](#)
- [2. 概要](#)
 - [内容物](#)
- [3. 使用環境](#)
- [4. ver1.0 互換ファームウェア仕様](#)
 - [製品仕様](#)
 - [通信仕様](#)
 - [通信プロトコル](#)
- [5. Windows 用ドライバについて](#)
- [6. ファームウェア書き込み方法](#)
- [7. サンプルプログラムについて](#)
- [8. お問い合わせ](#)

1. 注意事項

本製品をご使用頂く前に本マニュアルを熟読下さい。使用者および周囲の人に対する安全のため、内容をよく理解してから製品をお使い下さい。本製品をご使用したことによる、損害・損失について弊社は一切補償できません。また、本製品は民生用です。測定データの絶対的な信頼性の保証はできません。

2. 概要

USB 出力 9 軸 IMU センサモジュール ver2.0 では前バージョン(ver1.0)に初期状態で書き込まれていたファームウェアの出力と同等の出力をするファームウェアが提供されています。本マニュアルではこの ver1.0 互換ファームウェアについて説明します。Ver2.0 用のファームウェアに関する記述は「USB 出力 9 軸 IMU モジュール ver2.0 マニュアル ver2.0 用ファームウェア」を参照してください。尚、USB 出力 9 軸 IMU センサモジュール ver2.0 に初期状態で書き込まれているファームウェアは ver1.0 互換ファームウェアではなく ver2.0 用のものになります。ver1.0 互換の出力を得る場合はこのマニュアルを参照しファームウェアを書き換えて下さい。

出力されるデータは 3 軸加速度、3 軸地磁気、3 軸角速度、温度になります。表 1 にデータの測定レンジと分解能を示します。また、ROS (Robot Operating System) にも対応しており、ROS 用パッケージも公開されています。

| | 加速度 | 角速度 | 地磁気 |
|-------|--------|----------------|-----------|
| 測定レンジ | ±16[g] | ±2000[deg/sec] | ±1200[μT] |
| 分解能 | 16 ビット | 16 ビット | 13 ビット |

表 1. データの測定レンジと分解能

内容物

ver1.0 互換ファームウェアは以下の GitHub リポジトリよりダウンロード可能です。

GitHub リポジトリ: <https://github.com/rt-net/RT-USB-9AXIS-00>

- driver : Windows 環境用 USB ドライバ
- firmware : センサデータ取得用 firmware RT-9AXIS-00_VER_1_0_COMPATIBLE.bin
- manual : 本マニュアル
- LPCXpresso Sample Program : ver1.0 互換出力ファームウェアのプロジェクトは RT-9AXIS-00_VER_1_0_COMPATIBLE

ver1.0 のマニュアルやサンプルプログラムは次の url よりダウンロード可能です。

<http://www.rt-shop.jp/download/RT-IMU9/>

ROS パッケージ

パッケージ本体: rt_usb_9axisimu_driver

GitHub リポジトリ: https://github.com/rt-net/rt_usb_9axisimu_driver

説明 wiki: https://github.com/rt-net/rt_usb_9axisimu_driver/wiki

注) ROS パッケージは USB 出力 9 軸 IMU センサモジュール ver2.0 の場合
ver1.0 互換ファームウェアをインストールして使用してください。

3. 使用環境

OS : Windows XP SP2 以上 / Vista / 7 / 8 / 8.1 / 10 (32/64bit)

CPU : 800MHz 以上の 32bit(x86) or 64bit(x64) のプロセッサ

Memory : 512MB 以上

Storage : 500MB 以上

USB : USB2.0 1 ポート

参考: 一部の Linux , Mac 環境にて動作を確認.

動作確認済み OS は以下になります.

Rasbian (Raspberry Pi 2), Ubuntu14.04, Mac OS X Marvericks 10.9.4

4. ver1.0 互換ファームウェア仕様

- サイズ : 30mm×30mm×4.4mm
- 重量 : 4g
- センサ : MPU9250
- USB バスパワー動作, (基板上に 3.3V 出力のレギュレータが実装されており, 3.6V から 6.5V までの入力電圧に対応. この範囲以外の電圧は入力しないで下さい. レギュレータの故障につながります.)
- マイコン : LPC1343 72MHz 3.3V 動作
- ローパスフィルタ 100Hz 以上カット
- 各センサの測定レンジは MPU9250 の最大レンジに設定

加速度, ジャイロ, 地磁気センサの出力の軸の取り方は以下のようになります. ジャイロの角速度は軸の方向に沿って反時計回りが正方向です. (右ねじを回して進む向きを軸の方向としたときに, ネジを進める回転方向が正)

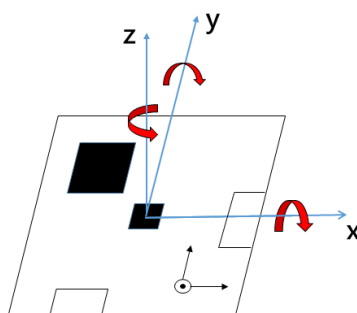


図 1. ファームウェアの加速度, 角速度, 地磁気の正方向

注) 本製品のファームウェアでは地磁気センサの軸の取り方が MPU9250 と異なります。

モジュールとの接続方法

本モジュールは USB, もしくは UART でのデータ出力が可能です。

USB 接続

USB 接続の際は USB ケーブルで PC と本モジュールを接続するか, USB の 4 ピンコネクタと PC を接続してください。USB 接続が確立されると基板上的 LED が低速で点滅します。また, USB 接続の際には UART 端子からもセンサデータが出力されます。(USB ケーブルを給電のみの目的で接続し UART 端子からの出力を用いることが可能)

UART 接続

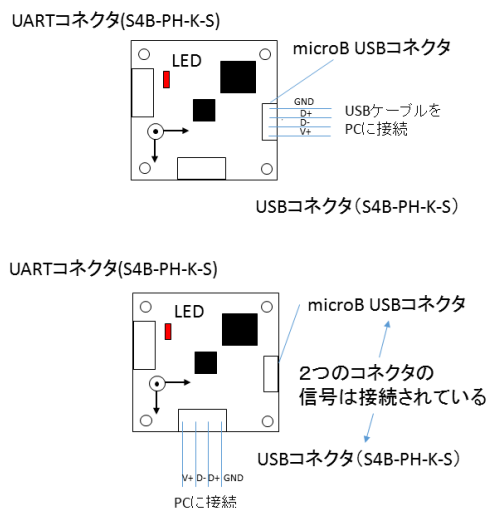
UART 接続を使用するときは UART 端子の GND, V+ に 3.6V から 6.5V の外部電源を接続します。モジュール上の lpc1343 マイコンは 3.3V 動作なのでレギュレータを通して 3.3V の電源がマイコンに供給されます。このとき TX, RX の信号は 3.3V 系であることに注意してください。また, UART 接続の際は基板上的 LED が高速で点滅します。

注 1) UART 端子と USB 端子の +V と GND は基板上で結線されています。そのため UART 端子から給電をした際には USB 端子から給電をしないでください。USB ポートまたは本モジュールの破損につながります。

注 2) 最初書き込まれているファームウェアでは電源供給時に USB 接続を 5 秒間待ち, この間に USB の接続が確立された場合は USB および UART の出力がされます。UART のみの出力は接続してから 5 秒間に USB の接続が確立されなかったときに始まります。

モジュールとの接続例

USB接続時の配線例



UARTのみでの使用時の配線例

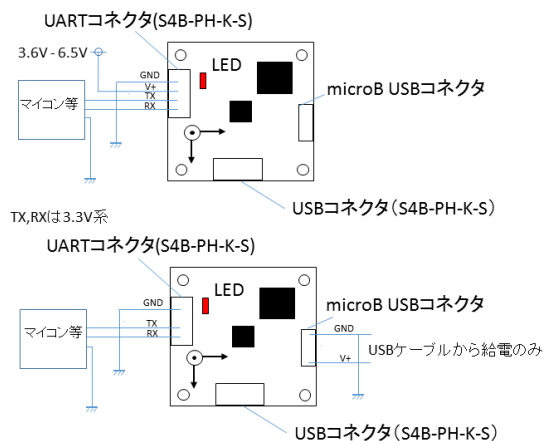
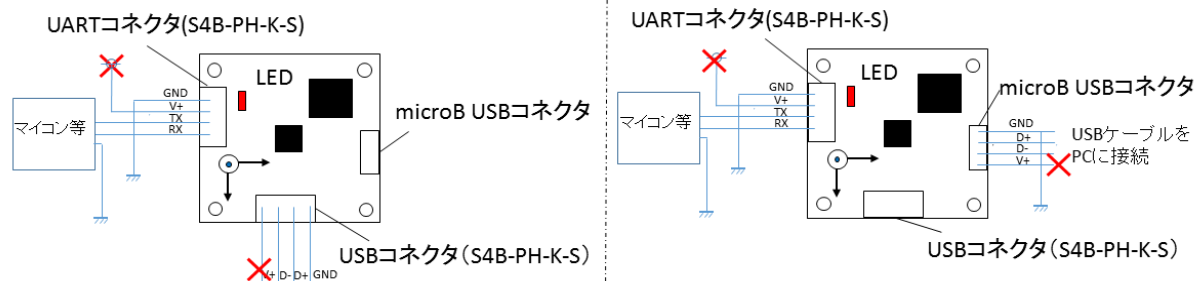


図 2. モジュールとの接続図

接続時の注意



3つのコネクタのGNDとV+は基板上で結線されているため、2つのコネクタから異なる電圧の入力をしてください。故障の原因となります。

図 3. 禁止されている接続

ver1.0 ファームウェアの動作の流れ

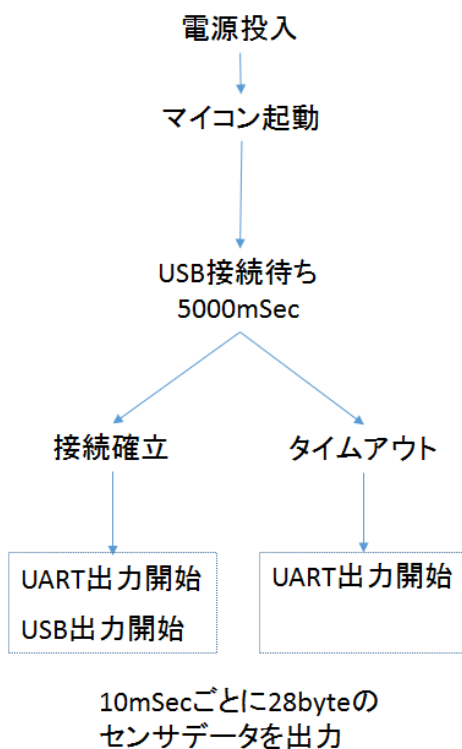


図 4. ファームウェアの動作の流れ

通信仕様

USB ケーブルで PC と接続した際には Virtual COM Port として認識されます。アプリケーション側からは通常のシリアルポートでのアクセスとまったく同様に使用することが可能です。出力されるデータは 3 軸加速度, 3 軸地磁気, 3 軸角速度, センサ温度になります。データ送信は調歩同期式シリアル通信で行われます。モジュールからは 10msec 毎に 28byte のセンサデータが送信され続けます。

- USB 接続時 : CDC クラスを使用して通信
- UART 接続時: ボーレート 57600bps
- データ : 8bit
- パリティ : なし
- ストップビット : 1bit
- フロー制御 : なし
- データ送信周期 : 100Hz

通信プロトコル

センサ測定値の通信データは以下のような割り当てになります。 0byte 目から 6byte 目までの出力は常に固定なので、受信データの先頭を見つけるのに用いてください。 7byte 目のタイムスタンプはデータが送信されるたびに 0, 1, 2, ... , 255 となり、255 の次は再び 0 になります。通信データの抜けを確認するために使用してください。

| Byte | 内容 | Byte | 内容 |
|------|-----------------------|------|------------------------|
| 0 | 0xff | 14 | AD 値 (TEMP) 下位 8 ビット |
| 1 | 0xff | 15 | AD 値 (TEMP) 上位 8 ビット |
| 2 | 0x52 (ASCII コードの R) | 16 | AD 値 (GYRO X) 下位 8 ビット |
| 3 | 0x54 (ASCII コードの T) | 17 | AD 値 (GYRO X) 上位 8 ビット |
| 4 | 0x39 (製品識別子下位 8bit) | 18 | AD 値 (GYRO Y) 下位 8 ビット |
| 5 | 0x41 (製品識別子上位 8bit) | 19 | AD 値 (GYRO Y) 上位 8 ビット |
| 6 | ファームウェアバージョン | 20 | AD 値 (GYRO Z) 下位 8 ビット |
| 7 | タイムスタンプ (0x00 - 0xff) | 21 | AD 値 (GYRO Z) 上位 8 ビット |
| 8 | AD 値 (ACC X) 下位 8 ビット | 22 | AD 値 (MAG X) 下位 8 ビット |
| 9 | AD 値 (ACC X) 上位 8 ビット | 23 | AD 値 (MAG X) 上位 8 ビット |
| 10 | AD 値 (ACC Y) 下位 8 ビット | 24 | AD 値 (MAG Y) 下位 8 ビット |
| 11 | AD 値 (ACC Y) 上位 8 ビット | 25 | AD 値 (MAG Y) 上位 8 ビット |
| 12 | AD 値 (ACC Z) 下位 8 ビット | 26 | AD 値 (MAG Z) 下位 8 ビット |
| 13 | AD 値 (ACC Z) 上位 8 ビット | 27 | AD 値 (MAG Z) 上位 8 ビット |

表 2. 送信データの割り当て

センサデータの物理量への変換式

本モジュールのファームウェアでは、各センサデータは 16bit 符号付整数で出力されます。受信データは上位、下位 8bit に分かれていますので、結合して 16bit 符号付整数データにしてください。

受信データの結合の例

concatenation [32bit 符号付き整数]

data_H [8bit 符号なし整数]

data_L [8bit 符号なし整数]

concatenation = data_L + (data_H<<8)

if(concatenation >= 32767) concatenation = concatenation - 65535

加速度

加速度センサ値 : acc [16bit 符号付整数]

計算式 : $acc / 2048$ [g]**ジャイロセンサ**

ジャイロセンサ値 : omega [16bit 符号付整数]

計算式 : $(omega) / 16.4$ [deg/sec]**地磁気センサ**

地磁気センサ値 : mag [16bit 符号付整数]

計算式 : $mag * 0.3$ [μT]**温度センサ**

温度センサ値 : temp [16bit 符号付整数]

計算式 : $temp / 340 + 35$ [$^{\circ}C$]**センサ出力値のバイアス**

9 軸センサモジュールから出力されるデータにはバイアス(センサの出力値の原点ずれ)が存在します。これは MEMS9 軸センサ特有の現象です。バイアスを補正することにより精度の高い測定データが得られます。

以下にジャイロセンサと加速度センサの簡易的なバイアスキャリブレーション方法を示します。ただし、この方法はあくまでも簡易的な方法なので注意してください。

1) ジャイロセンサ

センサを完全に静止させた状態でジャイロセンサ値を 100-1000 回程取得し平均をとります。これを omega_ref とします。これ以後のジャイロセンサの測定値 omega から omega_ref をオフセットしてください。

ジャイロリファレンス値 : omega_ref [16bit 符号付整数]

ジャイロセンサ値 : omega [16bit 符号付整数]

計算式 : $(omega - omega_ref) / 16.4$ [deg/sec]

2) 加速度センサ

基本的にはジャイロセンサと同様な手順でキャリブレーションが可能です。加速度センサの場合静止状態で重力加速度を検出しますので、z 軸のみ調整方法が変わります。

センサ基板の z 軸が重力の方向と平行になるように置き、完全に静止させます。静止状態で加速度センサ値を 100-1000 回程取得し平均を取ります。これを各軸 `acc_ref_x`, `acc_ref_y`, `acc_ref_z` とします。これ以後の加速度センサの測定値を `acc_x`, `acc_y`, `acc_z` とします。

加速度リファレンス値: `acc_x`, `acc_y`, `acc_z` [16bit 符号付整数]

加速度センサ値: `acc_x`, `acc_y`, `acc_z` [16bit 符号付整数]

計算式 `acc_x`: $(acc_x - acc_ref_x) / 2048 [g]$

計算式 `acc_y`: $(acc_y - acc_ref_y) / 2048 [g]$

計算式 `acc_z`: $(acc_z - (acc_ref_z - 1)) / 2048 [g]$

(測定場所の重力の大きさが 1g と仮定)

5. Windows 用ドライバについて

本モジュールを Windows 環境にて動作させるためには対応したデバイスドライバのインストールが必要です。(Mac・Linux 環境では必要ありません。)

Windows 用のデバイスドライバについては ver1.0・ver2.0 で共通になります。したがって、ver1.0 のセンサモジュールを使用時にデバイスドライバをインストール済みの場合は再度ドライバをインストールする必要はありません。

準備するもの

USB ケーブル (A to micro B)

ドライバインストール手順 (Windows 環境のみ)

1. ドライバのダウンロード

以下の, GitHub リポジトリ

<https://github.com/rt-net/RT-USB-9AXIS-00>

のマスターブランチを zip 形式でダウンロードし解凍してください。

RT/-USB-9AXIS-00/driver/9AXIS_driver.zip

内にある inf ファイルおよびカタログファイルが Windows 用のドライバになります。9AXIS_driver.zip も解凍してください。

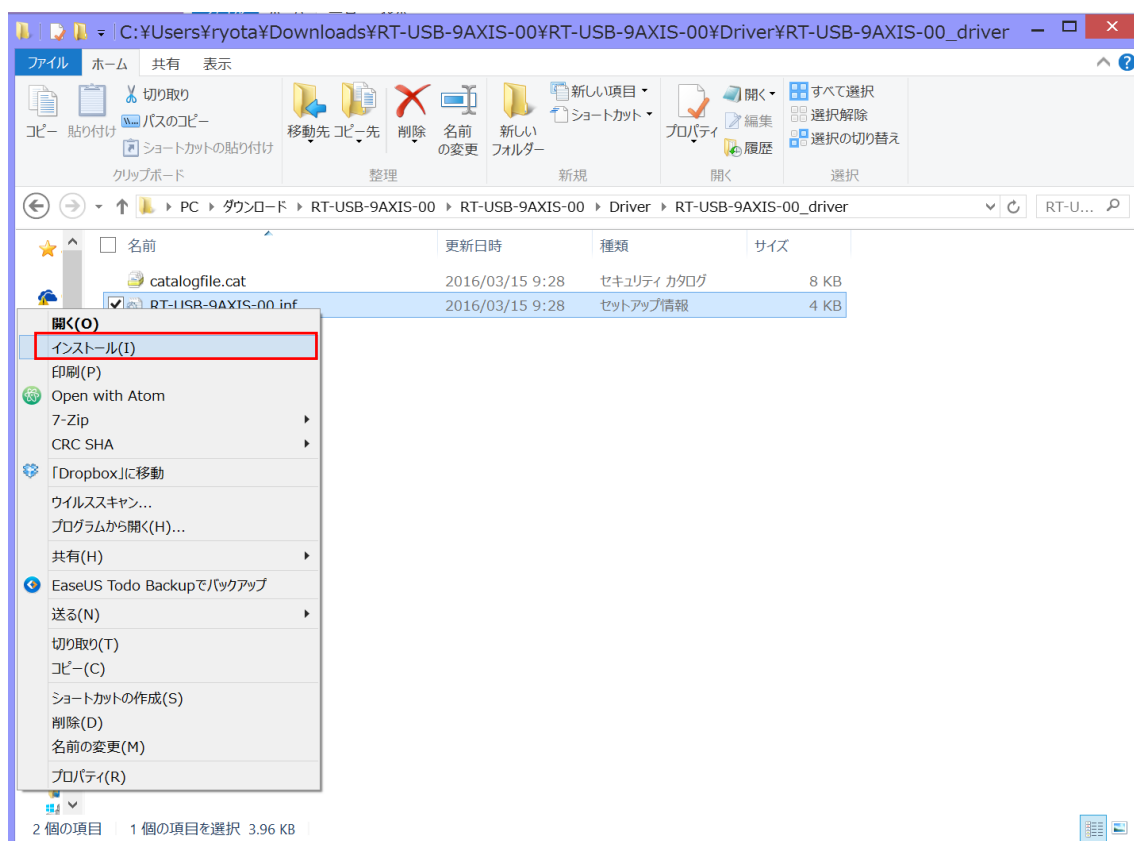
2. ドライバの選択

ドライバソフトウェアの更新を行います。

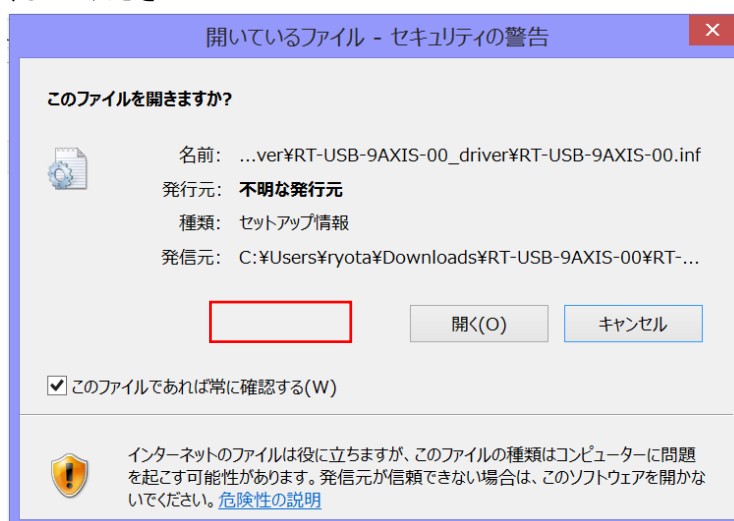


RT CORPORATION

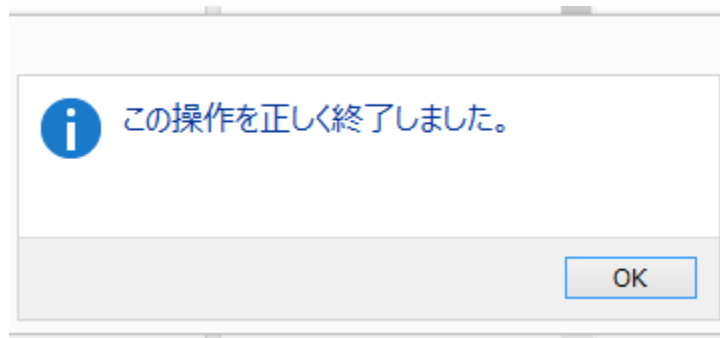
解凍した 9AXIS_driver フォルダの中に” catalogfile.cat” と” RT-USB-9AXIS-00.inf” の二つのファイルがあることを確認してください。次に” RT-USB-9AXIS-00.inf” を右クリックし, “インストール” を選択してください。



「開く」を選択してください。



実行後に以下のようなウィンドウが表示されれば成功です。



6. ファームウェア書き込み方法

ファームウェアの書き込み方法について説明します。

以下の, GitHub リポジトリ

<https://github.com/rt-net/RT-USB-9AXIS-00>

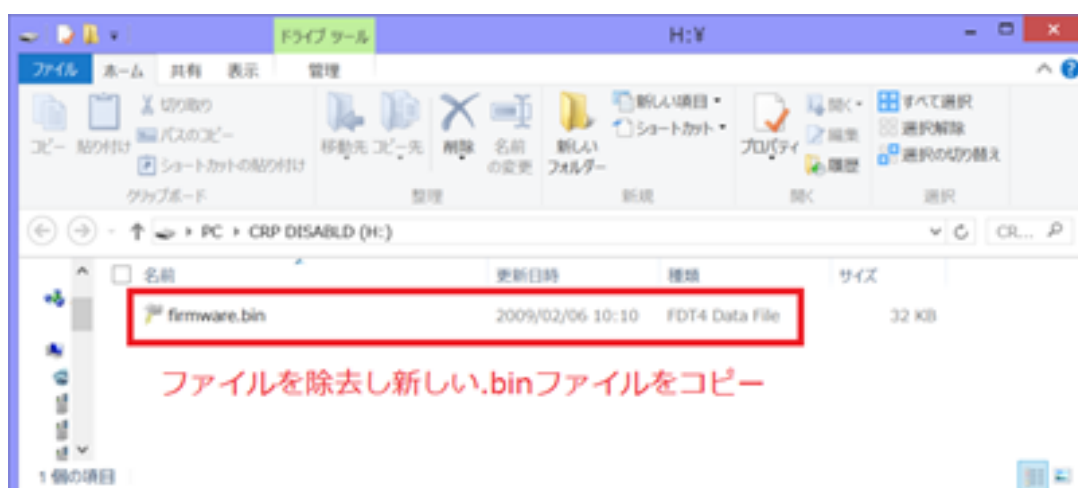
のマスターブランチを zip 形式でダウンロードし解凍してください。

RT/-USB-9AXIS-00/firmware/ RT-9AXIS-00_VER_1_0_COMPATIBLE.bin

が ver1.0 互換のファームウェアになります。 Windows 環境と Linux・Mac 環境でファームウェアの書き込み方法が異なります。 Windows 環境の方が簡単に書き込み可能であるため、Windows 環境をお持ちの場合はこちらで作業することをお勧めします。

Windows 環境

- 1: 9 軸センサモジュール上のタクトスイッチを押したまま USB ケーブルを接続。このとき、モジュール上の LED が弱く点灯します。
- 2: タクトスイッチから手を離します。
- 3: ブートローダーの起動まで待機 (CRP DISABLED という新しい Disk として認識されます。)
- 4: もともとの firmware.bin を削除
- 5: 新しい.bin ファイルをコピー



Linux・Mac 環境

- 1: センサモジュール上のタクトスイッチを押したまま USB ケーブルを接続。このとき、モジュール上の LED が弱く点灯します。
- 2: タクトスイッチから手を離します。
- 3: mount コマンドでマウント名を調べる。(CRP DISABLED という名前)

/dev/sdb のような名前のことが多いです。

- 4: mtools というコマンドをインストールする。

```
sudo apt-get install mtools
```

- 5: sudo mdel -i マウントされている場所 ::/firmware.bin

例 マウントされている場所が /dev/sdb だった場合

```
sudo mdel -i /dev/sdb ::/firmware.bin
```

- 6: sudo mcopy -i マウントされている場所 新しいファイルの絶対 path ::/

例 マウントされている場所が /dev/sdb でダウンロードしてきたファームウェアのパスが/home/hogehoge/new_firmware.bin の場合

```
sudo mcopy -i /dev/sdb /home/hogehoge/new_firmware.bin ::/
```

7. サンプルプログラムについて

ver1.0 互換ファームウェアを使用の際は次の url から ver1.0 用サンプルプログラムがダウンロード可能です。

<http://www.rt-shop.jp/download/RT-IMU9/>

サンプルプログラムとしては Processing というプログラミング言語で動作するものが用意されています。サンプルプログラムの実行方法については上記 url からダウンロード可能なマニュアルを参照してください。

8. お問い合わせ

カスタム等も有料にて承っておりますので、お気軽にお問い合わせ下さい。

If you have any inquiries upon this product, please contact us at the following.

RT Corporation 株式会社アールティ

住所： 〒101-0021 東京都千代田区外神田 3-2-13 山口ビル 3F

Address: 3F, 3-2-13 Sotokanda, Chiyodaku 101-0021, Tokyo, Japan

TEL +81-3-6666-2566 FAX +81-3-5809-5738

E-mail: shop@rt-net.jp

Open: 11:00a.m. – 18:00p.m. (JST+9)

Close: weekend, national holiday, summer vacation, new year

Copyright

All the company and product names in this document are trademarks or registered trademarks of their respective companies.

All the documents, photos, and illustrations are copyrighted and protected by the copyright law of Japan and overseas. All the contents in this document are not allowed to be uploaded to any public or local area networks such as the Internet without permission from RT Corporation.