

Senstickデバイス仕様書

作成者: 上原 昭宏

Revision 1.01

作成日: 2016年6月23日

目次

1. はじめに.....	3
1.1. ハードウェア構成	3
1.2. データとその保存の考え方	5
1.3. 機能.....	6
1.3.1. 電源管理	6
1.3.2. 無線通信	7
1.3.3. ボタンによる操作	7
1.3.4. LEDによる動作通知.....	7
2. 通信仕様とその振る舞い.....	7
2.1. アドバタイジングと接続パラメータ	8
2.1.1. アドバタイジング	8
2.1.2. 接続パラメータ.....	8
2.1.3. ペアリングとボンディング	8
2.2. センサーのリアルタイムデータとサンプリング周期.....	8
2.3. サービスとキャラクタースティクス	9
2.3.1. Sesntickコントロールサービス (0x2000).....	10
2.3.2. メタデータ読み出しサービス(0x2001).....	13
2.3.3. センサー・サービス(0x2100 - 0x2106)	14
3. 参照文書	19
4. 改訂履歴.....	19

1. はじめに

Senstickは、加速度、角速度、磁界、照度、紫外線強度、湿度と温度、および気圧の7種類のセンシングとそのロギング機能がある、Bluetooth Low Energyでスマートフォンと連携するデバイスです。

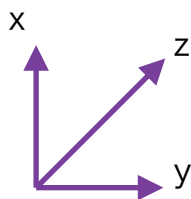
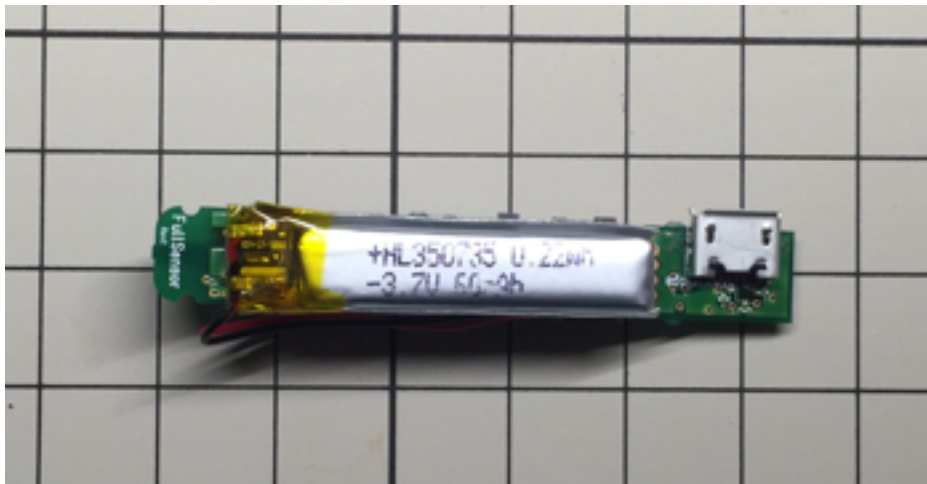
これはSenstick本体のNordic Semiconductor社のnRF51822に内蔵されたCortex-M0プロセッサで動作するファームウェアの仕様書です。

この仕様書は、スマートフォン開発者およびファームウェア開発者が読むことを想定しています。Bluetooth Low Energyの基本知識があるものとします。ファームウェアが実現するSenstickの機能、スマートフォンとの通信を述べます。

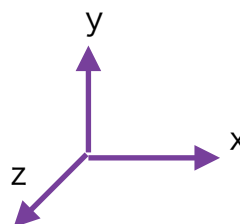
この仕様書のバージョン番号は、この仕様書に対応するファームウェアのバージョン番号と同じです。

1.1. ハードウェア構成

Senstick本体の外観と各部名称を下図に示します。



加速度およびジャイロの座標



磁界の座標系

Senstick本体は本体基板とセンサー基板の2つの基板で構成されます。この写真の本体裏面にはセンサ基板が本体基板とピンヘッドで接続されています。本体基板には、マイクロUSBコネクタと、2つのスイッチ、青色LED、赤色LEDがあります。

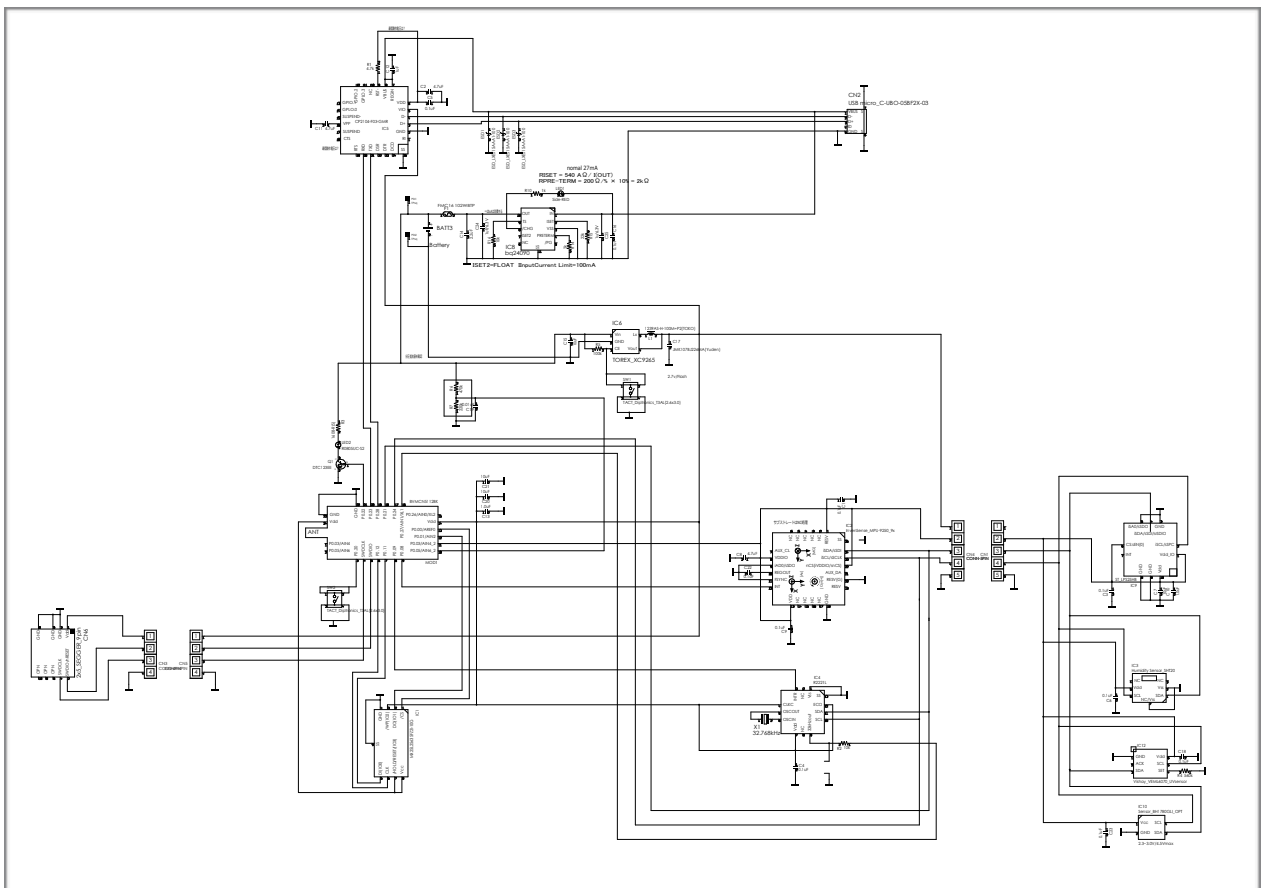
マイクロUSBコネクタは、電池の充電に使います。USBシリアル通信機能があるため、パソコンのUSBに挿しこむとデバイスドライバのインストール画面が表示されますが、シリアル通信機能は実装されていないので、デバイスドライバをインストールする必要はありません。

2つのスイッチは、マイクロUSBコネクタに近い方がリセットスイッチ、遠いほうが操作スイッチ。リセットスイッチは、内部回路の電源を強制的に落としてリセットをするものです。

青色LEDは、電池充電をします。充電が完了すれば消灯します。赤色LEDは、Senstickの動作状態を示します。

加速度およびジャイロの座標系は、Senstick本体を電池側からコネクタを右側にして置いた時に、上方向がX座標のプラス方向、右方向がY座標のプラス方向、奥に向かう側がZ座標のプラス方向になります。

磁気の座標系は、Senstick本体を電池側からコネクタを右側にして置いた時に、上方向がY座標のプラス方向、右方向がX座標のプラス方向、手前に向かう側がZ座標のプラス方向になります。



回路図を示します。オリジナルのPDFファイルは、このドキュメントがあるフォルダの、bらbりdげ引き継ぎ資料フォルダの、奈良先端回路図v33.pdf です。

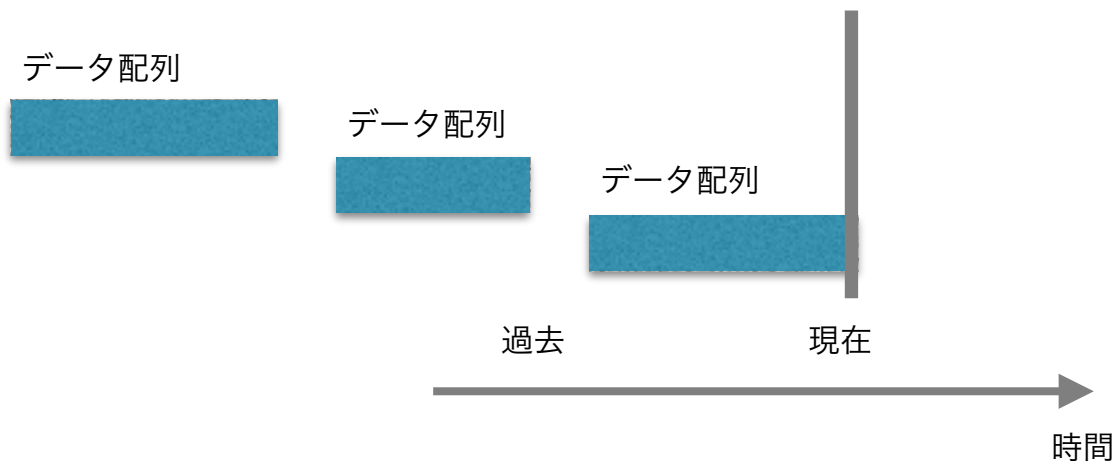
部品ごとの機能説明は、部品名から明らかなので省きます。無線通信モジュールは、ARM社のCortex-M0プロセッサを内蔵したNordic Semiconductor社の1チップSoC nRF51822とアンテナや周辺部品を集積したモジュールです。

SW1のスイッチは、マイクロUSB端子すぐ横のスイッチです。このスイッチを押すと、電源が落ちます。ファームウェアが暴走するなど致命的な場合の動作復旧で使います。

SW2のスイッチは、SW1の左横のスイッチです。このスイッチはBLEモジュールに接続されていて、本体の操作に使います。

1.2. データとその保存の考え方

ScenStickのデータとその保存の考え方を下図に示します。



SenStickは、そのデバイスの経験を閉じ込めるタイムカプセルのようなもの、として設計されています。

SenStickには、データ配列を読みだす機能と、リアルタイムにセンサーのデータを通知する機能があります。

そのデバイスがセンシングしたデータを時系列で保存します。その一連のデータを、データ配列と呼びます。データ配列は、開始時刻、サンプリング周期、そしてデータの配列、の3要素で構成されます。

データ配列には、データ収集が完了してデータの配列が閉じているものと、現在もデータ収集が継続していてデータの配列が伸び続けている、閉じていないものがあります。

SenStickのデータ配列は、閉じているものはもちろん、閉じていないデータ配列も読み出せます。閉じていない場合は、センサデータが追加される都度、それらのデータが配列として読み出されます。

リアルタイムのセンサーのデータ通知は、BLEの通信速度が許す限り、データを通知します。もしもセンサーデータ更新速度に通信速度が追いつかない場合は、センサデータを落とします。

リアルタイムのセンサデータ更新は、SenStickの動作モニタリング用の機能です。通信速度次第では、データがいつ落ちるかわからないため、データ取得につかうべきではありません。データ取得には、データの読み出し順序が保証される、データ配列の読み出しを使うべきです。

データ配列は、センサデータの配列です。例えば加速度センサーであれば[uint16_t, uint16_t, uint16_t] を要素とする配列です。ここでuint16_tは符号なし16ビット整数を表します。整数値と物

理値の換算式はセンサーごとに定義されます。BLEの制約から、1要素のバイト長は19バイト以下でなければなりません。

1.3. 機能

ファームウェアの機能は次のとおりです:

- ・ 電源管理
 - ・ 電源のアクティブ状態・スリープ状態の切り替え
 - ・ 一定周期の電池電圧検出と自動電源オフ
- ・ Bluetooth Low Energy(以下、BLE)でのスマートフォンとの無線通信
 - ・ Senstick本体のセンシング設定
 - ・ センサーデータのモニタリング、およびログの読み出し
 - ・ ファームウェア更新
- ・ センサ・データの取得と保存
 - ・ 加速度、角速度、磁界、照度、紫外線強度、湿度と温度、および気圧の7種類のセンシング
 - ・ 上記7種類のセンサー・データの保存
- ・ ボタンによる操作
 - ・ 電源のオンオフ
 - ・ ログ情報のフォーマット
- ・ LEDによる動作状態通知
 - ・ 電池の充電動作
 - ・ スマートホンとのBLE接続状態
 - ・ 本体電源のオンオフ、およびセンサーの動作とそのロギング動作状態

1.3.1. 電源管理

本体基板には、常に電源が供給されています。ファームウェアはSW2スイッチの長押しにより、アクティブ状態およびスリープ状態を切り替えます。

SW2スイッチを2秒長押しして赤色LEDが2回明滅したのちスイッチを離せば、スリープ状態になります。スリープ状態のときにSW2を1回押せば、アクティブ状態になります。

アクティブ状態では、BLEの無線通信およびセンサーなどの周辺回路が動作します。そのため一定の電力を消費します。スリープ状態では、無線通信をせず、プロセッサおよび周辺回路をスリープ状態にして、消費電力を最小限にします。

ファームウェアは、アクティブ状態の時に一定周期で電池電圧を監視します。電池電圧が回路が動作する下限に達すると、自動的にスリープ状態に遷移します。

1.3.2. 無線通信

ファームウェアは、BLEでスマートフォンと無線通信をします。スマートフォンはセントラル、Senstick本体はペリフェラルとして振る舞います。

ファームウェアは、ペアリングおよびボンディングを提供しません。任意のスマートフォンからの接続を受け入れます。Senstick本体と同時に接続できるスマートフォンは1台です。

ファームウェアは、スマートフォン・アプリケーションからBLE経由で更新できます。

1.3.3. ボタンによる操作

操作スイッチでの操作は、本体がオフのとき(赤色LEDは消灯している):

- ・ 1回押すと、本体電源がオンになる。

本体電源がオンの時(赤色LEDは周期的に点灯している):

- ・ 操作スイッチを押した瞬間、短く1回光る、
- ・ すぐに操作ボタンを離すと、ロギングの開始または、次のログ取得開始になる、
- ・ 操作スイッチを2秒押し続けると、2回光る、この時に操作スイッチを離せば電源オフ、
- ・ 操作スイッチを5秒押し続けると、3回光る、この時に操作スイッチを離せばフォーマット。

1.3.4. LEDによる動作通知

Senstickの動作モードは、赤色LEDの点灯回数と点灯周期で表されます。

点灯周期は:

- ・ BLE接続していれば3秒、
- ・ BLE接続していないなら6秒。

点灯回数は:

- ・ 1回点灯、センサー停止(ロギング停止)、
- ・ 2回転灯、センサー動作中(ロギング中)。

赤色LEDは、操作スイッチでも光ります。操作スイッチでのLED点灯は:

- ・ 操作スイッチを押した瞬間、短く1回光る、
- ・ 操作スイッチを2秒押し続けると、2回光る (この時、操作スイッチを離せば電源オフ)、
- ・ 操作スイッチを5秒押し続けると、3回光る(この時、操作スイッチを離せばフォーマット)

2. 通信仕様とその振る舞い

スマートフォンとファームウェアはBLEで接続して通信をします。

2.1. アドバタイジングと接続パラメータ

2.1.1. アドバタイジング

セントラルと接続していない間は、Sentick本体はアドバタイジングし続けます。アドバタイジングの振る舞いは:

1. アドバタイジング・インターバル100ミリ秒で30秒間、インダイレクト・アドバタイジングを行う、
2. アドバタイジング・インターバル1000ミリ秒で、インダイレクト・アドバタイジングをし続ける。

電源がONになったとき、スリープ状態から復帰した時、またセントラルと切断した直後に、Senstick本体は上記1からアドバタイジング動作を始めます。

アドバタイジング・データには、フラグ(LE_DISCOVERY_ONLY)、デバイス名(NARA-ACT)が含まれます。スキャンレスポンスには、後に述べるSenstickコントロールサービスというカスタム・サービスのUUID (F0002000-0451-4000-B000-000000000000) のみが含まれています。

2.1.2. 接続パラメータ

ファームウェアは、動作状態にあわせてコネクション・インターバルの変更要求をセントラルに出します。

コネクション・インターバルとその接続パラメータは:

- ・ コネクション・インターバルのリクエスト値: 20ミリ秒から80ミリ秒
- ・ スレイブレイテンシー: 0
- ・ コネクション・スーパージョン・タイムアウト: 4秒

2.1.3. ペアリングとボンディング

ファームウェアは、どのセントラルからの接続要求も受け入れます。ペアリングおよびボンディングをすることはありません。

2.2. センサーのリアルタイムデータとサンプリング周期

SenStickは、センサーのリアルタイムデータの都度送信機能があります。ですが、このリアルタイムデータは、すべてのデータが送られるとは限りません。

SenStickは、BLEのコネクション・インターバルごとに、6パケットまで送信できます。ですから、例えば、コネクション・インターバルが20ミリ秒で、加速度センサーの周期が10ミリ秒であれば、1回のコネクション・インターバルで2つパケットを送ればいいので、データを落とすことはありません。しかしコネクション・インターバルが長い値になったり、他のセンサー・データも送信するなどで、送信できるパケットに収まらない場合、そのデータは落ちます。

取得データをリアルタイムに落とさずに取得したい場合は、ログ読み出しを使います。Senstickは記録中のログをデータが追加されるごとに読み出せます。データ送信が間に合わなくても、ログとして内部に記録されているため、リアルタイムではなくなりますが、随時データを落とすことなく、読み出せます。

センサー・データの取得周期は、計測設定(0x7100+センサ種別)サービスにある、キャラクターISTICS sampling_period で設定できます。16ビットの符号なしの値です。SenStick内部では、10ミリ秒周期の割り込みで、これを処理します。ですから、周期は10ミリ秒単位で設定します。

サンプリング周期は、最大0.6ミリ秒、後ろにずれることがあります。BLEの通信処理に優先的にプロセッサが割り当てられています。その処理が0.6ミリ秒ほどかかります。このため、センサーのためのタイマー割り込みの開始前、またはタイマー割り込みの処理中に、不定期に、このBLEの通信処理が入る可能性があります。

サンプリングの周期は0.6ミリ秒うしろにずれることがありますが、サンプリングの絶対時間は、ずれることはありません。ファームウェアは、16MHzの水晶クロックを分周して、これから10ミリ秒の割り込みを作っています。そのため、サンプリングの絶対時間がずれることはありません。

このサンプリング周期には、次の制約があります。

加速度、角速度、磁場のサンプリング周期は、20ミリ秒以上が設定できます。ただし、紫外線強度、気圧センサー、照度、または温度湿度センサーが有効の場合は、200ミリ秒以上の値だけが設定できます。もしも照度または温度湿度センサーが有効の場合に、200ミリ秒以下の値を設定しようとすると、エラーとなり、その値は書き込まれません。

紫外線強度、気圧センサー、照度、または温度湿度センサーの周期は、200ミリ秒以上が設定できます。ただし、加速度、角速度、磁場のいずれか1つでも、センサーが有効かつサンプリング周期が200ミリ秒以下のものがあれば、照度または温度湿度センサーを有効にする設定は書き込みません。

注意

加速度、角速度、磁場のサンプリング周期は、20ミリ秒以上が設定できます。

ただし、フラッシュメモリのセクタ消去時間は、動作環境の温度により変わり、この消去時間は、通常は30ミリ秒ですが、85℃では最大120ミリ秒になります。

室温では、センサーのサンプリング周期は、20ミリ秒以上の値が設定できます。

消去時間が120ミリ秒の最大値だと、センサーのサンプリング周期は、40ミリ秒以上です。40ミリ秒より小さな値を指定したときは、ファームウェアが異常終了します。

2.3. サービスとキャラクターISTICS

ファームウェアは、次のBluetoothの承認サービスを提供します。

- ・ Device Information Service(UUID 0x180A)
- ・ Battery Service (UUID 0x180F)

これら2つのサービスの仕様は、Bluetooth SIGのサイトに掲載されています。<https://developer.bluetooth.org/gatt/services/Pages/ServicesHome.aspx>

Senstick本体は、さらに次のカスタム・サービスを提供します。カスタム・サービスおよびカスタム・キャラクターは128ビットのUUIDの識別子が与えられます。カスタム・サービスおよびキャラクターの右にあるカッコ内の16ビットの値は、UUIDの一部を示します。この値を、ベースUUID、F000xxxx-0451-4000-B000-000000000000 のxxxx部分に当てはめて、128ビットUUIDとします。キャラクタースティックスのエンディアンは、最下位バイトが先頭にくるリトル・エンディアンです。

- ・ Senstickコントロールサービス (0x2000)
- ・ メタデータ読み出しサービス(0x2001)
- ・ センサーそれぞれに対してセンサー・サービス(0x2100+センサ種別0~7の値)

Senstickコントロールサービスは、センシングやロギングの開始や停止といった動作指示を提供します。メタデータ読み出しサービスは、ログそれぞれの記録開始日時および概要テキストのメタ・データの読み出しを提供します。センサー・サービスは、センサーごとにロギングするしない、あるいはサンプリング周期等の設定、またログ・データの読み出しを提供します。

ファームウェアが提供するATT MTUは、23バイトです。したがって、キャラクタースティックスに書き込めるデータは、最大で20バイトです。

スマートフォン・アプリケーションからファームウェアへの動作指示などの書き込みは、後に述べるフォーマットのデータの書き込みで行います。書き込まれたデータが、値が不正であるなどで処理できない場合は、ファームウェアはそのデータを無視します。

2.3.1. Sesntickコントロールサービス (0x2000)

Senstickコントロールサービスは、センシングやロギングの開始や停止といった動作指示を提供します。このサービスは次の5つのキャラクタースティックスがあります。キャラクター名名の右の16ビットの値は、キャラクターのUUIDを示します。この16ビットの値を、ベースUUID、 F000xxxx-0451-4000-B000-000000000000 のxxxx部分に当てはめたものが、キャラクターの128ビットUUIDとなります。更にその右にあるカッコ内のread / write / notificationは、そのキャラクタースティックスに、読み込み、書き込み、通知属性があることを示します。

- ・ ステータス/コントロールポイント (0x7000) (read / write / notification)
- ・ 有効ログの数 (0x7001) (read / notification)
- ・ 内部ストレージのステート情報 (0x7002) (read / notification)
- ・ 日時時刻情報 (0x7003) (read / write)
- ・ ログ概要テキスト (0x7004) (read / write)
- ・ デバイス名 (0x7005) (read / write)

2.3.1.1. ステータス/コントロールポイント (0x7000) (read / write / notification)

Senstick本体の動作状態を示し、また動作を指示するキャラクタースティックスです。

パラメータ	サイズ	概要
status	1	0x00 センシングおよびロギング停止 0x01 センシングおよびロギング動作 0x10 ストレージフォーマット 0x20 ディープスリープモード 0x40 DFUモード

パラメータは1バイトのstatusだけです。

パラメータstatusの値が 0x00 のとき、Senstick本体はセンシングおよびロギングを停止しています。BLEは動作しています。また0x00を書き込むと、センシングおよびロギングを停止します。

値0x01のとき、センシングおよびロギングを開始します。もしも、のちに述べるセンサー・サービスでどのセンサーでもロギングおよびセンシングが有効ではなく、1つもセンシングまたはロギング動作をするセンサーがない場合は、値0x01を書き込んでも、パラメータstatusの値は変更されず、センシングおよびロギング動作は開始しません。

値0x10を書き込むと、パラメータstatusの値に関わらず、内部ストレージのフォーマットを開始します。フォーマットが終了すると、パラメータstatusの値は0x00になり、Senstick本体がセンシングおよびロギング停止状態になります。

値0x20を書き込むと、Senstick本体はディープスリープモードに入ります。スマートホンとのBLEの接続も断絶します。

値0x40を書き込むと、DFUモードに入ります。ファームウェアは、スマートホンとのBLE接続を切断して、Nordic社のDFUサービスに切り替えて、ファームウェア更新可能な状態になります。DFUの詳細仕様は、以下のURLにあります。 <http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk51.v10.0.0%2Findex.html>

2.3.1.2. 有効ログの数 (0x7001) (read / notification)

Senstick本体に保存されている有効なログの数を示すキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
numberOfLogFiles	1	符号なし8ビット整数(uint8_t)。 値の範囲 0 - 100。

パラメータnumberOfLogFileは、有効なログの数を示します。有効なログ数には現在ロギングしているログも含まれます。最大数は100です。ログ数が最大に達していると、それ以上のロギングをすることはできません。内部ストレージをフォーマットすると、ログ数は0になります。

パラメータnumberOfLogFileは、新たなロギングが始まるたびに+1カウントアップしていきます。このキャラクタリスティクスはnotificationに対応しているので、スマートホンがnotificationを設定していれば、新たな値がその都度通知されます。

2.3.1.3. 内部ストレージのステート情報 (0x7002) (read / notification)

パラメータstorageErrorCodeは、内部ストレージの動作状態を示します。

パラメータ	サイズ	概要
storageErrorCode	1	0x00 正常動作 0x01 ディスクフルまたは記録不可能状態

値0x00では、ストレージは正常でロギングできます。

値0x01では、ストレージは容量いっぱいまで記録されている、またはSenstick本体の電源が強制的に落とされたりファームウェアの例外処理などで、ログ書き込みが終了せず、それ以上ストレージに書き込めない状態にあることを示します。

内部ストレージをフォーマットすると、このパラメータは0x00になります。

2.3.1.4. 日時時刻情報 (0x7003) (read / write)

Senstick本体の内蔵カレンダーの日時を示すキャラクターリスティクスです。日時設定および日時読み出しに使います。この日時情報はログの記録開始日時情報として使われます。内蔵カレンダーは、Senstick本体の電源スイッチにより強制的に電源が落とされたり、電池が完全放電しないかぎり、日時を保持します。

パラメータ	サイズ	概要
year	2	符号なし16ビット整数。(uint16_t) リトルエンディアン 2016年などの年数がそのまま数値として入る。0はunknownを示す。
month	1	符号なし8ビット整数。 1-12月の数値がそのまま入る。0はunknownを示す。
day	1	符号なし8ビット整数。 1-31日の数値がそのまま入る。0はunknownを示す。
hour	1	符号なし8ビット整数。 時間を24時間制で表し、0-23時の数値がそのまま入る。
minute	1	符号なし8ビット整数。 0-59分の数値がそのまま入る。
second	1	符号なし8ビット整数。 0-59秒の数値がそのまま入る。

2.3.1.5. ログ概要テキスト (0x7004) (read / write)

ログ開始時に内部ストレージにメタ情報として書き込まれる、概要テキストを表すキャラクターリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
abstract_text	<= 20	可変長の文字列バイト配列。UTF-8。 バイト数は最大20バイト。

文字列のエンコードはUTF-8です。文字列は終端文字`\\0`で終端する必要はありません。書き込むときには、バイト配列に終端文字`\\0`を入れても入れなくてもよいです。読み出す時には、書き込んだバイト配列がそのままの値と配列長で読み出されます。

このキャラクタリスティクスの値は、ログの開始や停止などSenstickの内部動作で変更することはありません。電源のオンオフおよびディープスリープにより初期化(`\\0`)されます。

2.3.1.6. デバイス名(0x7005) (read / write)

アドバタイジングおよびGAPで読み出されるローカルネームの読み出しおよび書き込みのキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
device_name	<= 20	可変長の文字列バイト配列。UTF-8。 バイト数は最大20バイト。

文字列のエンコードはUTF-8です。文字列は終端文字`\\0`で終端する必要はありません。書き込むときには、バイト配列に終端文字`\\0`を入れても入れなくてもよいです。読み出す時には、書き込んだバイト配列がそのままの値と配列長で読み出されます。

2.3.2. メタデータ読み出しサービス(0x2001)

メタデータ読み出しサービスは、ログのメタ情報の読み出し機能を提供します。そのメタデータは、記録開始時刻と概要テキストの2つです。このサービスには3つのキャラクタリスティクスがあります。キャラクタリス名およびその横の数字の表記は、ベースUUID、F000xxxx-0451-4000-B000-000000000000のxxxx部分の16ビットのUUIDと、キャラクタリスティクスの、読み込み、書き込み、通知属性を示します。

- ・ 対象ログID (0x7010) (read / write)
- ・ ログ記録開始時間 (0x7011) (read)
- ・ 概要テキスト (0x7012) (read)

2.3.2.1. 対象ログID (0x7010) (read / write)

読み出し対象を指定するキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
target_log_id	1	符号なし8ビット整数。

パラメータtarget_log_idは、1バイトの値です。このパラメータに値を設定した時に、該当ログの時刻および概要テキストが、それぞれのキャラクタリスティクスに設定されます。

任意の値が設定できますが、設定して有効な値は、0から、有効ログの数(0x7001)の値 -1、までです。存在しないログIDを指定した場合は、時刻および概要テキストは無意味な値が読み出されます。

2.3.2.2. ログ記録開始時間 (0x7011) (read)

対象ログIDで指定したログの、記録開始時間を読み出すキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
year	2	符号なし16ビット整数。(uint16_t) リトルエンディアン 2016年などの年数がそのまま数値として入る。0はunknownを示す。
month	1	符号なし8ビット整数。 1-12月の数値がそのまま入る。0はunknownを示す。
day	1	符号なし8ビット整数。 1-31日の数値がそのまま入る。0はunknownを示す。
hour	1	符号なし8ビット整数。 時間を24時間制で表し、0-23時の数値がそのまま入る。
minute	1	符号なし8ビット整数。 0-59分の数値がそのまま入る。
second	1	符号なし8ビット整数。 0-59秒の数値がそのまま入る。

キャラクターISTICSの値のフォーマットは、日時時刻情報 (0x7003)と同じです。もしも存在しないログIDが指定された場合は、すべてのパラメータの値は0になります。

2.3.2.3. 概要テキスト (0x7012) (read)

ログ開始時に内部ストレージにメタ情報として書き込まれた概要テキストを読みだすキャラクターISTICSです。

パラメータ	サイズ	概要
abstract_text	<= 20	可変長の文字列バイト配列。バイト数は最大20バイト。

ログ開始時の、ログ概要テキスト (0x7004) キャラクターISTICSの値が読み出されます。

文字列のエンコードはUTF-8です。文字列は終端文字`0`で終端しているとは限りません。もしも存在しないログIDが指定された場合は、`0`が読み出されます。

2.3.3. センサー・サービス(0x2100 - 0x2106)

センサー・サービスは、センサそれぞれのセンシングおよびロギングの動作指定、リアルタイムのセンサーデータ読み出し、およびログデータの読み出し機能を提供します。

7種類のセンサー・データそれぞれにサービスがあり、そのサービスUUIDは0x2100+センサー種別を表す値(0-7)で与えられます。センサー・サービスの機能や振る舞いは、すべてのセンサー・データで同じです。センサーごとのデータ・フォーマットだけが異なります。

ここでは、センサー・データごとのデータ・フォーマットを述べて、次にセンサー・サービスの機能と振る舞いとを示します。

メタデータ読み出しサービスは、ログのメタ情報の読み出し機能を提供します。そのメタデータは、記録開始時刻と概要テキストの2つです。このサービスには3つのキャラクターリスティクスがあります。キャラクターリス名およびその横の数字の表記は、ベースUUID、F000xxxx-0451-4000-B000-000000000000のxxxx部分の16ビットのUUIDと、キャラクターリスティクスの、読み込み、書き込み、通知属性を示します。

- ・ 計測設定 (0x7100 + センサ種別) (read / write)
- ・ リアルタイムデータ (0x7200 + センサ種別) (notification)
- ・ 読み出し対象ログID (0x7300 + センサ種別) (write)
- ・ ログメタデータ (0x7400 + センサ種別) (notify)
- ・ ログデータ (0x7500 + センサ種別) (notification)

2.3.3.1. センサー・データフォーマット

0-7の数字で与えられるセンサー・データの種別と単位は以下のとおりです。

値	センサデータの種別	単位
0	加速度	G (重力加速度)
1	角速度	deg/s
2	磁界	μ T
3	照度	lux
4	UV強度	μ W/cm ²
5	湿度および温度	%RH, °C
6	気圧	hPa

加速度の値は、符号あり16ビット整数の配列で与られます。その配列の並びは(x軸、y軸、z軸)の順です。この整数値を物理値に換算する係数は、測定レンジごとに次のように与られます。

測定レンジの値	測定レンジ	換算値
0	2 G	16384 LSB/G (1Gが16384に相当)
1	4 G	8192 LSB/G
2	8 G	4096 LSB/G
3	16 G	2048 LSB/G

角速度の値は、符号あり16ビット整数の配列で与えられます。その配列の並びは(x軸、y軸、z軸)の順です。この整数値を物理値に換算する係数は、測定レンジごとに次のように与えられます。

測定レンジの値	測定レンジ	換算値
0	250 DPS(※)	131 LSB/(deg/sec)
1	500 DPS	65.5 LSB/(deg/sec)
2	1000 DPS	32.8 LSB/(deg/sec)
3	2000 DPS	16.4 LSB/(deg/sec)

※DPSはdegree per secondの略

磁界の値は、符号あり16ビット整数の配列で与えられます。その配列の並びは(x軸、y軸、z軸)の順です。測定レンジは値0しかなく、整数値から物理値への換算値は、0.15 μ T/LSBです。

照度は、符号なし16ビット整数で与えられます。測定レンジは値0しかなく、整数値はそのまま単位luxの測定値を表します。

紫外線強度は、符号なし16ビット整数で与えられます。測定レンジは値0しかなく、整数値から物理値への換算値は、5 μ W/cm²/LSB です。

湿度及び温度は、それぞれ符号なし16ビットの整数で与えられます。測定レンジは値0しかなく、整数値から測定値への変換は、次の式で与えられます。この式のSRHは湿度の整数値、STは温度の整数値を表す、RHは相対湿度(RH%)、Tは温度(°C)を表します。

$$RH = -6 + 125 \cdot \frac{S_{RH}}{2^{16}} \quad T = -46.85 + 175.72 \cdot \frac{S_T}{2^{16}}$$

気圧は符号なし32ビット整数で与えられます。測定レンジは値0しかなく、整数から物理地への換算値は、4096LSB/hPaです。

2.3.3.2. 計測設定 (0x7100 + センサ種別) (read / write)

計測動作を指定するキャラクターリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
operation_mode	1	符号なし8ビット整数。 このセンサー・サービスの動作モードを示す。 0x00: 停止 0x01: センシングのみ 0x03: センシングおよびロギング
sampling_period	2	符号なし16ビット整数。 サンプル周期をミリ秒で示す。

パラメータ	サイズ	概要
measurement_range	2	符号なし16ビット整数。 センサーの測定レンジを示す。値の範囲と意味はセンサーごとに定義される。

パラメータoperation_mode は、そのセンサーの動作モードの設定および読み出しに使用します。

Sesntickコントロールサービス (0x2000)のステータス/コントロールポイント キャラクタリスティクスで、Senstick本体のロギングおよびセンシングが開始した時に、この動作モードに従って、センサーはそれぞれ動作を開始します。

この値は、センシングおよびロギングをしている間には変更できません。動作中に書き込んでも、値は変更されません。この値を変更できるのは、Senstick本体のセンシングおよびロギングが停止している間だけです。

2.3.3.3. リアルタイムデータ (0x7200 + センサ種別) (notification)

リアルタイムデータの読み出しに用いるキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
number_of_data	1	符号なし8ビット整数。 データの数を示します。(通常 1)
data	< 19	バイト配列。 センサー・データの配列。

センサーのセンシングが有効でSenstick本体がセンシングおよびロギング動作中に、センサーから読み出したデータが、このキャラクタリスティクスを通じて通知されます。このキャラクタリスティクスにread属性はありません。

パラメータnumber_of_dataは、このデータに含まれるデータの数を示します。リアルタイムデータでは、この値は常に1です。

パラメータdataは、センサーそれぞれの測定データを表します。例えば加速度センサーであれば、符号あり16ビット整数の値が [x, y, z] の順に並んだデータが入っています。

2.3.3.4. 読み出し対象ログID (0x7300 + センサ種別) (write)

読み出し対象のログIDを指定するキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
target_log_id	1	符号なし8ビット整数。 読み出し対象のログIDを指定します。
-	2	符号なし16ビット整数。 Nサンプルを1つのデータに縮退して読み出す場合に用います。(この機能は、実装されていません)
start_position	4	符号なし32ビット整数。 読み出し開始位置を、サンプル数単位で指定する。

センサーのログデータ読み出しを指示するキャラクタリスティクスです。パラメータtarget_log_idは読み出し対象のログを指定します。パラメータstart_positionは読み出し開始位置を指定します。

このキャラクタリスティクスに値を書き込むと、ログメタデータ (0x7400 + センサ種別)、続いてログデータ (0x7500 + センサ種別) キャラクタリスティクスに、通知が発生します。

パラメータtarget_log_idは、現在書き込まれているログも指定できます。また存在しないログを指定した場合は通知は発生しません。パラメータstart_positionがログデータの範囲を超えていても、ログメタデータは通知されます。

2.3.3.5. ログメタデータ (0x7400 + センサ種別) (notify)

ログメタデータが通知されるキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
target_log_id	1	符号なし8ビット整数。 読み出し対象のログIDを示します。 存在しないログIDが指定された場合は、値0xffとなり、このメタデータが無効なデータであることを示します。
sampling_period	2	符号なし16ビット整数。 このログのサンプリング周期をミリ秒単位で示します。
measurement_range	2	符号なし16ビット整数。 このログのセンサーの測定レンジを示します。
number_of_samples	4	符号なし32ビット整数。 このログに含まれるセンサーデータ数を、サンプル数で示します。ログのバイト・サイズではありません。
reading_position	4	符号なし32ビット整数。 このログの現在の読み出し位置を、サンプル数単位で示します。
remaining_storage	4	符号なし32ビット整数。 このセンサーサービスの、ストレージ残量をサンプル数単位で示します。

ログメタデータを読み出すキャラクタリスティクスです。読み出し対象ログID (0x7300 + センサ種別) に書き込むと、直ちに指定されたログIDのメタデータがこのキャラクタリスティクスに通知されます。

読み出し対象ログID (0x7300 + センサ種別) に、存在しないログIDが指定された場合、通知されるメタデータのパラメータtarget_log_idは0xffとなり、メタデータが無効であることを示します。

2.3.3.6. ログデータ (0x7500 + センサ種別) (notification)

ログデータを読み出すキャラクタリスティクスです。

パラメータ	サイズ	概要
number_of_data	1	符号なし8ビット整数。 データの数を示します。(通常 1)

パラメータ	サイズ	概要
data	< 19	バイト配列。 センサー・データの配列。

ログデータを読み出すキャラクターリスティクスです。読み出し対象ログID (0x7300 + センサ種別) に書き込むと、ログメタデータが通知されてから、指定位置からログ末尾に到達するまでのセンサーデータが、このキャラクターリスティクスに逐次通知され続けます。読み出しを中止するには、スマートホン側から通知の受け取りを停止します。

パラメータnumber_of_dataは、このデータに含まれるデータの数を示します。

パラメータdataは、センサーそれぞれの測定データの配列です。例えば、加速度センサーのデータは、符号あり16ビット整数の値が [x, y, z] の順に並んだものです。パラメータnumber_of_dataが3であれば、この3つの整数値が3つ、[[x1, y1, z1], [x2, y2, z2], [x3, y3, z3]]、のように並びます。

すべてのログデータを送信すると、最後にパラメータnumber_of_dataが0が通知されます。

3. 参照文書

1. nRF51822 ドキュメント群, <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-Smart-Bluetooth-low-energy/nRF51822>
 - A. Product Anomaly Notice nRF51822-PAN v2.4
 - B. nRF51 Series Compatibility Matrix v2.1
 - C. nRF51822- Product Specification v3.1
2. Device information service specification, https://developer.bluetooth.org/gatt/services/Pages/ServiceViewer.aspx?u=org.bluetooth.service.device_information.xml
3. Bluetooth Accessory Design Guidelines for Apple Products Release R7, <https://developer.apple.com/hardware/drivers/BluetoothDesignGuidelines.pdf>

4. 改訂履歴

- ・ 2016年6月2日 初版。
- ・ 2016年6月23日 rev1.01 デバイス名設定のキャラクターリスティクスの記述を追加した。
- ・ 2016年8月24日 rev.1.03 サンプリング周期を20ミリ秒に。サンプリング周期の記述を追加。