

人計測を目的とした安価な無線式センシングデバイスの開発

千田 陽介

久留米工業大学

senta@kurume-it.ac.jp

青木 秀幸

久留米工業大学

h-aoki@kurume-it.ac.jp

キーワード: IoT, 加速度センサ, 無線

1 はじめに

人体にセンサを装着して人の動き（行動）を計測し、ビジネスやアート、エンターテインメントなどに活用する研究が行われている。この研究には加速度や角速度を取得し無線で外部に伝える小型のセンサ端末が必要である。ATR のセンサ [1] など市販のセンサ端末は存在する。しかしそれらは一般に高価で大量に導入することが難しい。インターネットで検索すると魅力的な価格の海外製品も散見されるが、無線（技適）の関係で国内で使用することはできない。また無線帯域や消費電力の観点から、センサが取得した情報をそのまま外部に送信するのではなく、端末内で一旦処理し通信量を落としたいときがある。データ処理の方法は計測対象に依存するため、自前で用意するしかなく自作プログラムを扱えることは必須である。BlueNinja [2] など、技適取得済みの無線と、センサ、およびプログラム可能なマイコンを搭載した比較的安価な市販品も存在する。研究を行うにあたって、このような製品を用いて独自センサ端末を作ることでもできるであろう。

当大学では、Microchip 社の PIC マイコンや 3D プリンタを用いた「ものづくり」の実践的教育を行っている。そのため学生にとって PIC マイコンは非常に身近な存在である。そこで PIC マイコンと市販の無線モジュール・センサモジュールを組み合わせたセンサ端末を開発した。端末を構成するすべての要素は通信販売で入手可能な物品を用いることで、人体計測の研究だけでなく「ものづくり」の教材としても活用することができる。

2 試作基板

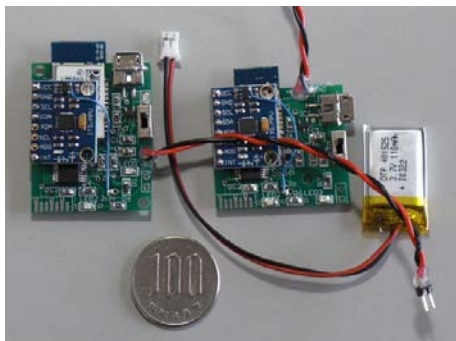


図 1: デバイス外観

図 1 に今回試作したセンサ端末の写真を示す。Bluetooth2.1 版 (右)、Bluetooth4.1 版 (左) の二種類を作成した。Bluetooth2.1 版は SPP (Serial Port Profile) を使用している。そのため本端末と接続する PC やスマートフォン (以下スマホ) のアプリケーションは通常のシリアルポートに対する操作を行えばよく、プログラム作成が容易である。また電波が強いため通信距離も長い。一方 Bluetooth4.1 版は Bluetooth Low Energy (BLE) を用いたもので、長時間バッテリーでの駆動ができる。しかし BLE の接続や通信の処理は煩雑で PC やスマホのプログラムは難しい。さらに新しい規格のため古い OS では動作しないといった欠点もある。(例えば Windows なら 8.1 以前)。

図 2 に本端末のブロックを示す。二つの版の違いは使用して

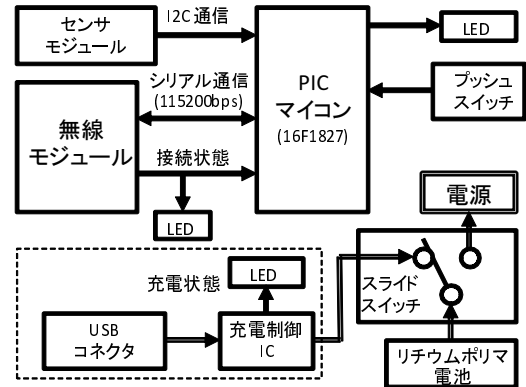


図 2: デバイスブロック図

いる無線モジュールのみで、ブロック的には同じである。PIC マイコンを中心として I²C 通信でセンサモジュール (加速度及び角速度センサ)、シリアル通信で無線モジュール、さらに LED やプッシュスイッチで構成されている。LED とプッシュスイッチは無線モジュールの接続先 (PC やスマホ) に特定イベントを伝えたり受け取ったりするためのものである。電源は USB コネクタからの 5V を使ってリチウムポリマ電池を充電し、そこから供給する。なお普通のコイン電池等の一次電池も使用することもできる。その場合、図中点線部分は必要ない。

表 1: 構成要素と価格 (円)

品名	V4.1 版	V2.1 版
1. 両面基板 (30 × 38mm)		400
2. 両面基板 (30 × 30mm)	400	
3. Bluetooth 2.1 モジュール		1800
4. Bluetooth 4.1 モジュール	1050	
5. PIC マイコン		140
6. センサモジュール		230
7. チップ素子各種		約 60
8. リチウムポリマ電池		1050
9. 充電制御 IC		150
合計	約 3080	約 3830

表 1 に本端末の構成要素とおおよその価格を示す。表中の 1,2 の基板はどちらも二層基板で、回路設計 CAD で作成した基板 (図 3) のガーバデータを送ると基板を製作する通信販売業者 [3] に依頼した。基板価格は発注枚数による (枚数が多い程安い)。表の価格は 30 枚製作したものである。3,4 の Bluetooth モジュールはどちらも Microchip 社の技適認証済のもの (RN42, RN4020) を用いた。表の価格は電子部品の通信販売業者での購入金額である [4, 5]。5 のマイコンは Microchip 社の 16F1827 (SSOP パッケージ) で通信モジュールと同じ業者より入手した。6 のセンサモジュールは, InvenSense 社の MPU-6050 を用いたもので大手通信販売業者から購入した [6]。MPU-6050 は非常に

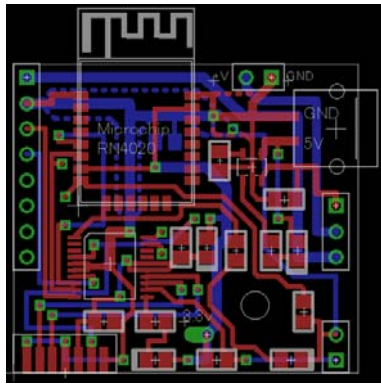


図 3: 基板データ (BLE 版)

小さなセンサチップで単体での取り扱いが難しい。本センサモジュールはそれを取り扱いしやすいよう基板化したものである。サイズが大きくなる欠点はあるものの、安価に 3 軸 16 bit の加速度・角速度センサが入手できることは魅力である。7 の抵抗や LED、コンデンサ等のチップ部品は、経験の浅い学生でもはんだ付けができることを考慮し大き目 (2012 サイズ) のものを使用した。8 のリチウムポリマ電池は 3.7V 110mAh のものである。端末基板 (図 1) を三次元プリンタで作ったケースに入れる際、毎回分解して電池を取り出さなくても充電できるよう、9 の制御 IC を用いた充電回路を入れている。このように本機器は電池込で 3,000 円 ~ 4,000 円で作成することができる。これは少量生産のセンサ端末としては非常に安いといえよう。

マイコンのプログラムは C 言語 (XC8) で記述し、センサチップの規格に則り現在の加速度・角速度値を取得し、それぞれの無線モジュールの規格に合わせ情報をそのまま転送するものである。センサ情報の解析は PC やスマホなど無線の受け側で行う。この方針は計算資源が豊富な環境でセンサ情報処理できるものの通信量が大きい。これは PIC プログラムにおいてセンサ値取得から無線モジュールへの転送の間で適切な解析処理を入れれば逆転する。

3 性能評価

デバイスが正しくセンサデータを取得していることを確認するため、端末を胸ポケットに入れて歩いた時と、右手首に取り付けてドアを開けた時のセンサデータを取得した (サンプリング間隔: 40ms, 加速度センサ: 8192LSB/g, 角速度センサ: 32.8LSB/(deg/s))。図 4 は歩行時の様子で 5 歩分の動きが、図 5 はドアを開けた時の様子でドアノブに手をかけ (A)、ノブをひねり (B)、手前に引いて (C)、手を放した (D) 動作が見て取れる。このような波形は適切な処理 [7] を行えば歩数を数えたりドアを開けたイベント

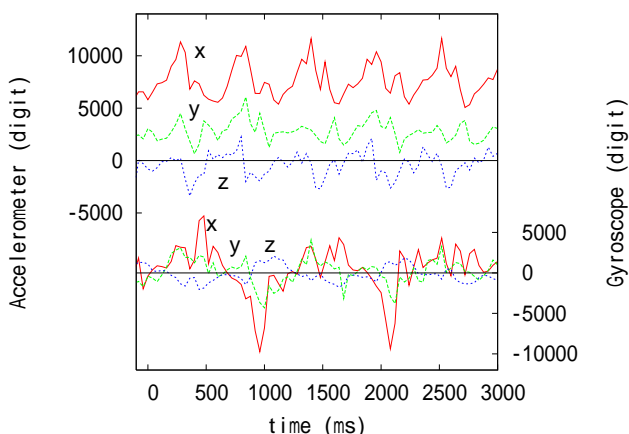


図 4: 歩行時のセンシングデータ

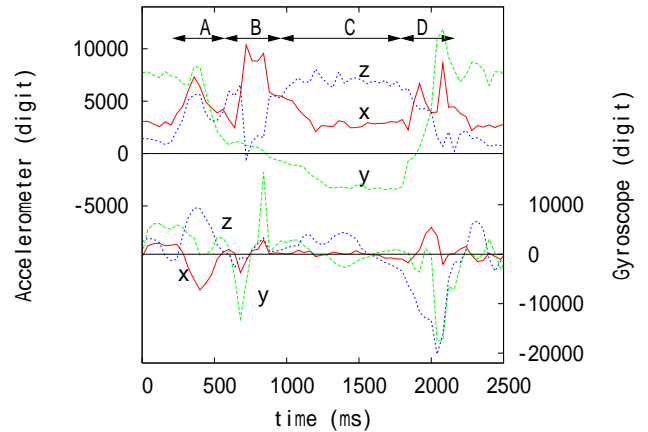


図 5: ドア開動作のセンシングデータ

を検出することができる。

センシング時のバッテリー電流を計測したところ Bluetooth2.1 版が 37mA, 4.1 版が 10.9mA であった。今回使用したリチウムポリマ電池の容量が 110mAh であることから、2.1 版が 3 時間弱、4.1 版 (BLE 版) が 10 時間強動作できる計算となる。また PC のマザーボード等で用いられるコイン型のリチウム電池 CR2032 (標準容量は 220mAh) を用いた場合、電池は使い捨ては 20 時間程動作できることとなる。現プログラムでは PIC マイコンは常に動作している。適当な間隔で sleep を入れればさらに消費電力を抑えることができるであろう。

本端末の通信可能距離を計測するため、見晴らしの良い屋外でセンサを台に設置し受信機を少しずつ遠ざけてみた。その結果 Bluetooth 2.1 版で約 100m, 4.1 版で約 50m 離れても通信できた。実際の運用では電波が人や障害物で遮断されることからこれより短くなると考えられるが、仮に半分だとしても実用上十分な距離である。

4 おわりに

人の行動計測を目的とした安価なセンシングデバイスを試作した。このデバイスは教育現場で活用され学生にとって身近な PIC マイコンを使用している。そのため多くの者にとって気軽に独自プログラムを作成することができ、各自の目的に応じてカスタマイズすることができる。通信プロトコル次第では、LabVIEW [8] で扱える一つのセンサと化すこともでき、人のみならず様々な現象の動きを取得・解析することもできる。現在本デバイスに合うケースを 3D プリンタで製作中であり、これが完成するとバンド型やパッチ型などのセンサ端末として様々な場面で活用することができる。本デバイスの基板データ及び PIC プログラムは準備が整い次第、適当な方法で公開する予定である。

本研究は平成 28 年度久留米工業大学学長裁量経費による「IoT センシングデバイスの開発と適用」の一環として行われた。

参考文献

- [1] TSND121/151 <http://www.atr-p.com/products/TSND121.html>
- [2] BlueNinja <https://blueninja.cerevo.com/ja/>
- [3] ユニクラフト <http://unicraft-jp.com/>
- [4] Bluetooth 2.1 モジュール <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-07612/>
- [5] Bluetooth 4.1 モジュール <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-10066/>
- [6] MPU-6050 モジュール <http://amzn.asia/5tLAFBP>
- [7] 千田, 伊東, “ロボット技術のセンシングデバイスへの展開”, 日本ロボット学会誌, Vol.35, No.2 (掲載予定)
- [8] LabVIEW <http://www.ni.com/labview/ja/>