

卒業研究 1

015-2 PTB 免荷装具の足板変位量に対するウェアラブル計測デバイスの製作

キーワード：PTB 免荷装具 ウェアラブル計測 無線通信

○永野 莉央(PO)¹⁾、徳井 亜加根(PO)²⁾

- 1) 医療法人社団筑波記念会 筑波記念病院
- 2) 国立障害者リハビリテーションセンター学院

1. はじめに

PTB 免荷装具は室内で使用するだけでなく、屋外をはじめとした日常生活の様々な歩行環境で使用される装具であり、回復程度によって患肢に付加する荷重を調節する必要がある。歩行中の荷重変化は、時間や計測環境での制約が多い臨床現場では計測することが困難であるため、荷重調節は静止立位で行われることが多い。しかし、歩行中の荷重変化を計測することができれば、医師や療法士に治療のためのデータをリアルタイムに提供できるだけでなく、装具の適合状態を客観的に知ることも可能となる。足板が支柱に沿ってスライドする免荷装具では、足板の変位量を計測すれば荷重値を算出できることから、本研究ではPTB 免荷装具の足板変位量を計測することで患肢に付加される荷重値を算出し、リアルタイムに可視化するウェアラブル計測デバイスを製作することとした。

2. 計測デバイスの製作

2-1. 要求仕様の決定

計測デバイスの目的が歩行中の荷重変化を計測することであることから、動的環境下でもデバイスとパソコン間のデータ通信が可能なワイヤレス環境を実現することが必要と考えた。そこで、デバイスの要求仕様を①足板変位量の検出、②検出したデータのワイヤレス送信、③受信データのリアルタイム表示、④受信データの収集・蓄積の4項目とした。また、製作する計測デバイスを取り付ける歩行あぶみには、足板が支柱に沿ってスライドし、足板の変位量を荷重調節装置部の目盛で目視することが可能な「免荷用歩行あぶみ 荷重調整装置 ver.2 (アドバンフィット社製)」を使用することとした。

2-2. 設計・実装

足板変位量の検出に用いるセンサには赤外線測距センサとリニアポテンシオメータの2種類が考えられたが、あぶみから足板までの最小距離が30mmであるのに対し、赤外線測距センサでの計測可能最小距離は30mmを超えることから、本デバイスにはリニアポテンシオメータ(SL4515N-B103L15CM、松暉電機工業社)を採用することとした。センサからの信号を処理するマイコンボードには、本デバイスではセンサが検出したデータの送信機能のみを必要とし、マルチタスクは不要であること、センサの出力はアナログ信号であること、ワイヤレス環境下で省電力設計が必要なこと、拡張ボードの種類が豊富でプロトタイプ製作がしやすいことからArduino UNO (Rev3、Arduino社)を使用することとした。通信モジュールには省電力短距離無線通信を特徴とするXBee S1 (通信規格IEEE 802.15.4)を使用し、マイコンボードと通信モジュールへの電源供給は9Vの乾電池により行った。すなわち、本デバイスは足板の変位量を計測するセンシング部、信号の増幅、A/D変換、演算処理を行うマイコンボード部、XBee S1により無線通信を行う通信モジュール部、および電源供給部によって構成され、計測したデータは通信モジュール部を介してパソコンに送信される。なお、マイコンボードへのデータ処理プログラムの書き込みについては、総合開発環境Arduino IDEを用いた。これらシステム構成と各構

表 計測デバイスの仕様

マイコンボード	Arduino UNO Rev3
マイコンチップ	ATmega328P
動作電圧	5V
入力電圧 (推奨)	7-12V
デジタルI/Oピン	14本
アナログ入力ピン	6本
クロックスピード	16MHz
通信モジュール	Xbee S1
無線通信方式	IEEE 802.15.4
周波数帯域	2.4GHz
屋内通信距離	30m
屋外通信距離 (見通し)	100m
シリアルデータレート	1200bps-250kbps
センサ	
(リニアポテンシオメータ)	SL4515N-B103L15CM
抵抗値	10kΩ
定格電力	0.1W
特性カーブ	B型
摺動距離	45mm
電源供給	乾電池 006P型 9V

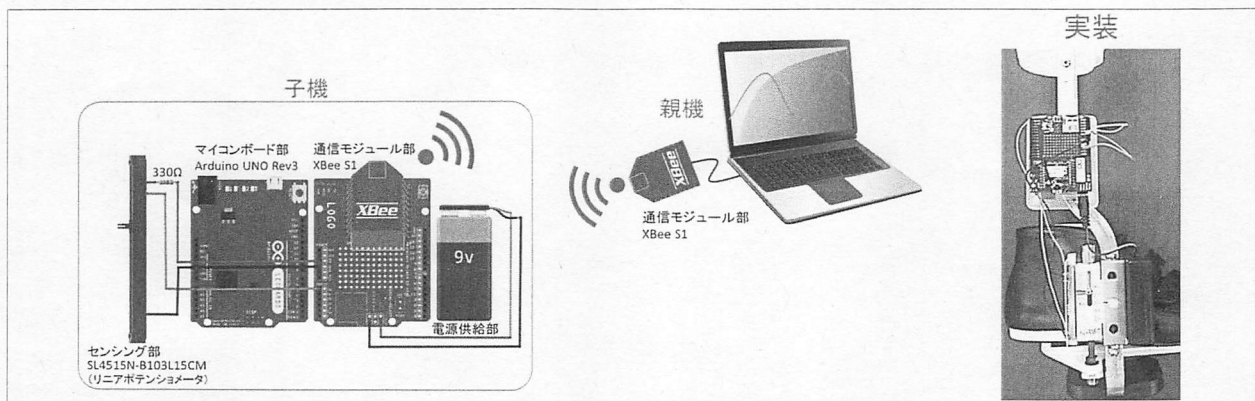


図1 システム構成および実装

成要素を実装した計測デバイスは図1、仕様については表に示した。なお、計測デバイスの重量(装具除く)は171gfだった。

2-3. 検証

(1) 要求仕様に対する動作確認

計測デバイスが要求仕様を満たしているかについての検証を行うこととした。パソコンにおけるシリアルポートの接続およびデータの表示にはオープンソースのターミナルソフト「Tera Term」を使用した。動作確認の方法であるが、要求仕様のうち①足板変位量の検出、②検出したデータのワイヤレス送信、③受信データのリアルタイム表示については、足板の位置が目視できる荷重調節装置部およびパソコンのディスプレイを同時に撮影できるようにビデオカメラを設置し、足板を変位させた際の動画データから足板の変位に対応した値がディスプレイ表示されているかを確認することとした。また、要求仕様の④受信データの収集・蓄積については、「Tera Term」のログ記録機能を用いて行うこととした。要求仕様のすべての項目について実行できていることを確認できたが、受信データのリアルタイム表示はログが表示されるだけで視認性が悪く、受信データをグラフ等で見やすく表示する必要があった。しかし、Arduinoによって取得したシリアルデータの視覚化については、多くのオープンソフトウェアがインターネット上で公開されているため、本研究では視覚化についてのプログラム作成は実施しなかった。

(2) 計測デバイス付き装具歩行中の動作確認

健常男性1名に対し、計測デバイス付PTB免荷装具装着下で歩行させたときのデバイスの動作確認を行った。サンプリング周波数は20Hzとした。受信データは「Tera Term」によりテキスト形式で保存されるため、表計算ソフト「Excel」を用いてグラフ表示したものが図2である。なお、歩行中の足板の変位については動画撮影を行い、足板の変位と連動した値が取得できていることを確認した。

パソコンを屋内に設置した場合、屋内歩行では14m、屋外歩行では10mまでのデバイス間距離で動作確認できた

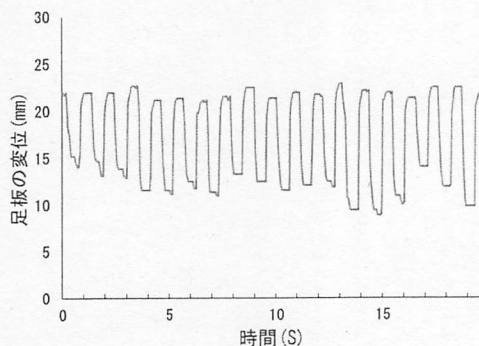


図2 歩行中の足板の変位

平地歩行中、足板のスライド範囲30mmにおける足板の変位を示したものの

が、その距離を超えると通信が不安定になり、屋内歩行ではパソコン設置階と異なる階を歩行するとデータを受信することができなかった。

3. まとめ

PTB免荷装具の足板の変位量を計測し、無線で計測データの送受信を行う計測デバイスを製作した。本研究で製作した計測デバイスはプロトタイプであるため、通信距離が短く、計測デバイスの重量も171gfとウェアラブルデバイスとしては重い、その反面、製作費用は2万円以内と安価である。今回使用したセンサはリニアポテンシオメータであったが、製作した計測デバイスはアナログセンサであればフォースゲージなど他のセンサに交換可能である。また、計測モジュールとして使用したXbee S1は上位機種であるS2C(無線通信規格ZigBee)に交換することで約3倍の通信距離となり、マイコンも内蔵されているため小型化も実現可能と考えられる。

下肢装具を歩行に不可欠としているユーザーは多く、下肢装具に計測デバイスさえ取り付けられれば、装具自体をウェアラブルデバイスとして活用でき、治療の中で装具の果たす役割をさらに大きくすることが期待される。本研究で製作した計測デバイスに今後、クラウド上でのデータ保存などIoTの機能も取り入れることで、装具の活用方法を広げていきたい。

本研究は平成29年度国立障害者リハビリテーションセンター学院義肢装具学科卒業研究として実施した。

参考文献

- 1) Arduino UNO Rev 3 データシート (Arduino 社), URL: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf> (2017年12月19日参照)
- 2) XBee シリーズ1 / ワイヤアンテナ型データシート (Digi International 社), URL: http://doc.switch-science.com/datasheets/90090000_F.pdf (2017年12月19日参照)
- 3) SL 4515N-B 10K データシート (松暉電機工業社), URL: <http://akizukidenshi.com/download/ds/supertech/SL4515N.pdf> (2017年12月19日参照)