

義肢装具学科における電気電子工学系演習の実践

Practices of Electric and Electronic Engineering Exercises in the Department of Prosthetics and Orthotics

敦賀 健志* 松原 裕幸* 野村 知広*

Takeshi Tsuruga, Hiroyuki Matsubara and Tomohiro Nomura

概要

義肢装具の製作および適合の際、利用者の動作を解析することは重要である。その際、高精度な計測機器を用いることもあるが、臨床の現場で簡易的な手法により動作を計測できる技術は、現場レベルにおいて有用であり、これからの義肢装具士においても必要であると考えられる。こういった状況を踏まえ、本学義肢装具学科では「電子工作演習」を選択科目として開講している。本報告では、センサ等の電子工学の知識の理解からデータ計測に必要なプログラミング技術に至るまでを一貫して扱う演習科目である「電子工学演習」の内容と、受講した学生のアンケート結果について報告する。

1. 背景

義肢装具士は日常生活が困難な障害者の方や高齢者の方に対して、義手や義足などの義肢、さらにはコルセットなどの装具についてオーダーメイドで設計・製作・適合を行う国家資格である。全国の養成校は現在では10校となり年間で300名ほどの卒業生を輩出しているが、大学としては平成18年に本学が初めて養成校となり、現在は1学年50名の定員で教育を行っている。

製作業務のイメージが強い義肢装具士ではあるが、理学療法士らと共に義肢装具利用者の身体機能の評価を行ったり、義肢装具部品の評価を行うことも多くなっている。その際によく用いられるのが三次元動作解析装置であり、このような装置によって身体各部の動きやモーメントなどいろいろな情報を高精度で計測可能となる。しかし、機器自体は数千万と高額で、広い設置空間が必要となるため、臨床の場に持ち出すことが難しい現状がある。そこで計測項目の種類や精度は劣るが、簡易的に臨床の場で使える計測技術を習得することは、これからの義肢装具士に必要であると考えた。

本学義肢装具学科では、このような技術習得のため電気電子工学系演習である「電子工作演習」を開講している。本報告では演習の内容や受講した学生のアンケート結果などについて報告する。

2. 義肢装具士養成課程のカリキュラム

義肢装具士の国家試験受験資格は、義肢装具士法(第14条)に定められている。試験は毎年2月の最終金曜日に東京の会場で実施され、厚生労働大臣の指定を受けた「指定試験機関」として、(公財)テクノエイド協会が行っている⁽¹⁾。国家試験の科目概要は、以下の通りである。

- ・臨床医学大要(臨床神経学, 整形外科学, リハビリテーション医学, 理学療法・作業療法, 臨床心理学及び関係法規を含む)
- ・義肢装具工学(図学・製図学, 機構学, 制御工学, システム工学, リハビリテーション工学)
- ・義肢装具材料学(義肢装具材料力学を含む)
- ・義肢装具生体力学
- ・義肢装具採型・採寸学
- ・義肢装具適合学

このように、機構学や材料力学といった機械工学系科目やシステム工学といった情報系科目は含まれている。しかし、センサなどを活用するために必要な電気電子系の項目は含まれてはいない。よって「電子工作演習」で扱う内容は、国家試験に直結する内容とは言えないが、3年課程の専門学校よりも1年長く学ぶことができる4年制大学ならではの特色の一つと考えている。

* 北海道科学大学保健医療学部義肢装具学科

3. 演習の目的および内容

「電子工作演習」は3年次後期開講の選択科目であり、保健医療学部改組されてから立ち上げられた。内容は、電流、電圧、抵抗など電気回路の基本から、LEDといった半導体素子の仕組み、各種センサの計測原理などを学ぶ。さらにA/D変換の技術的原理の理解、プログラミングによる計測システムの構築、Excelによるデータ解析および歩行分析の視点での結果の検討を行う。講義は15回に渡って開講され、主な内容は以下の通りである。

第1回 授業内容・履修に際してのガイダンス、動作計測技術について

第2～3回 電気回路に関する講義と演習

第4回 A/D変換について

第5～7回 Arduinoによるプログラミング演習

第8回 フットスイッチ回路の製作

第9回 ゴニオメータ回路の製作

第10回 計測用プログラムの製作

第11回 歩行動作についての学習

第12～13回 動作計測演習

第14～15回 計測データ解析および検討、最終レポート製作

実体験を通しての学びが中心であるが、電気は目に見えないため苦手とする学生が多い。そこで学生の履修意欲を向上させるため、電流、電圧、抵抗、オームの法則といった電気電子回路の基礎的内容の座学からアナログ量、デジタル量の特徴に至るまで丁寧に取り上げ、計算問題などの演習も行うなどして理解度向上に配慮した。

また、達成目標としては以下の項目を設定している。

- ①電流、電圧、抵抗など電気回路の基本を説明できる。
- ②各種センサの計測原理を説明できる。
- ③A/D変換の技術的原理を説明できる。
- ④プログラミングによる計測システムの構築ができる。
- ⑤フットスイッチやポテンショメータなどのアナログ出力センサの構成と動作原理を説明できる。
- ⑥Excelによるデータ解析および歩行分析の視点での結果の検討ができる。

項目はやや多めではあるが、センサがどのように機能し、どのようにしてデータとした計測できるのかといった、「計測の流れ」を理解することを狙いと

している。

4. 実際の演習内容

平成28年度の開講では、在籍37名中13名が履修し、2～3名のグループを編成した。計測対象の動作は歩行動作とし、小型ボリュームによるゴニオメータを製作し、1歩行周期における膝関節角度変化を計測した。歩行周期とは、着目した側の踵が接地した瞬間をスタートとし、歩行が進んで再び同じ側の踵が接地するまでの期間を表す。そして最初の踵接地のタイミングを0%、次の踵接地のタイミングを100%で表す(図1)⁽¹⁾。

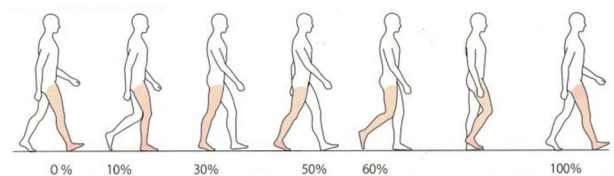


図1 歩行周期の定義

4.1 角度の計測方法

ゴニオメータの元になるのは数10円で購入できる小型ボリュームであり、2枚の亚克力板を取り付けることで角度と抵抗値を対応させる⁽²⁾(図2)。この小型ボリュームによる抵抗回路を構成し出力電圧を計測する(図3)。部品について亚克力板の加工や配線のはんだ付けなどは予め行っておき、学生は組み立て作業を行った。そして歩行動作計測前には分度器を利用して校正データを取り(図4)、Excelでグラフ化し校正直線を求めた(図5)。これにより電圧変化から角度変化を読み取る手法について理解を深めた。

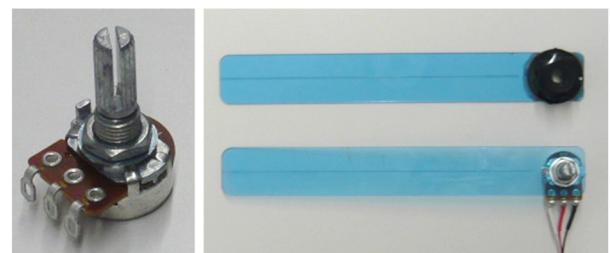


図2 小型ボリュームと配付部品

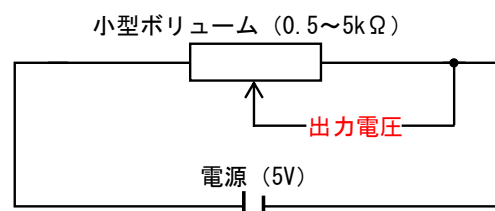


図3 ゴニオメータの計測回路

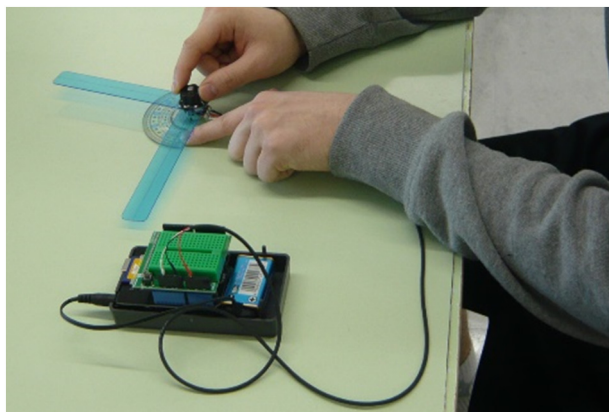


図4 校正作業の様子

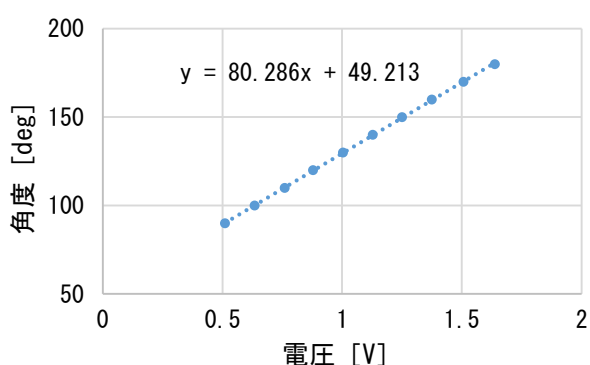


図5 校正直線の例

4.2 歩行周期の計測方法

歩行周期の計測には100円程度で購入可能なタクトイルスイッチによるフットスイッチを用いた⁽²⁾。そしてサンダルの足底部（踵とMP部）にタクトイルスイッチを配置した（図6）。このタクトイルスイッチを固定抵抗の直並列回路と組み合わせて出力電圧を計測する（図7）。学生にはスイッチを取り付けたサンダルを渡し、直並列回路は回路図を見ながらブレッドボード上に製作させた。これにより、スイッチの押され方で出力電圧が変化し（図8）、1チャンネルの計測で踵接地、全足底接地、爪先離地のタイミングを取得することができることについて理解を深めた（図9）。



図6 タクトイルスイッチとサンダル足底部に配置した様子

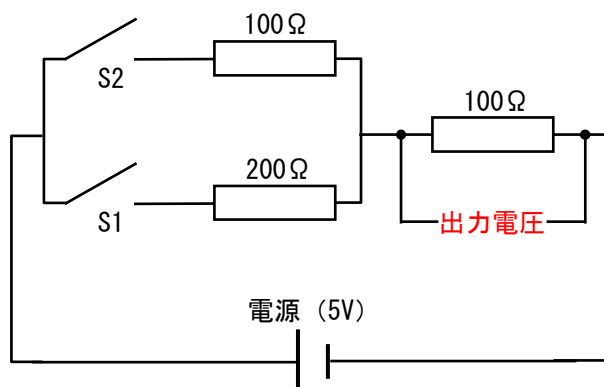


図7 フットスイッチの計測回路

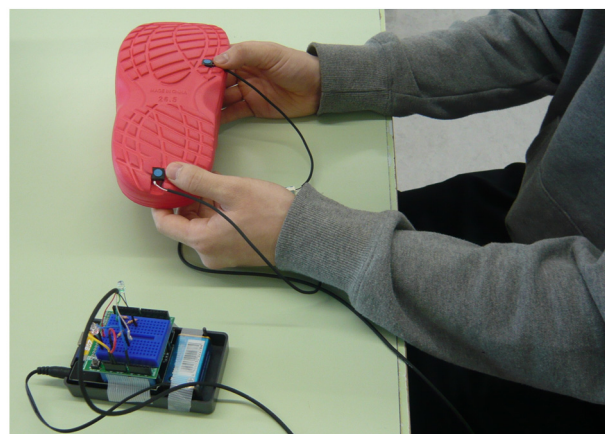


図8 動作確認の様子

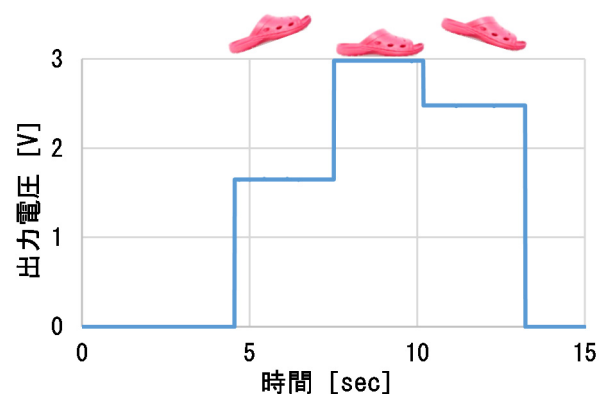


図9 サンダルの接地状態に対する出力電圧の例

4.3 歩行計測と解析

膝関節角度と歩行周期のデータはArduinoを用いてサンプリング周波数 100Hz でSDカードに収録した。これに際し、A/D変換技術やプログラミングについての講義や演習を行い、内容を理解した上で歩行動作計測を行った。また、歩行中における各スイッチの動作状況を視覚的に確認するためLEDを利用しており、半導体素子についても電気特性について理解を深めている。

全ての計測器の準備が整った後、グループ内の学生1名を被験者として計測を行った（図10）。計測

したデータは学生所有のノート PC に移行し、Excel を用いて 1 歩行周期に毎に分割し、膝関節角度の変化を確認した。結果の一例を図 11 に示す。グラフの横軸は歩行周期、縦軸は膝関節の屈曲角度を表しており、値が大きいほど、より膝が曲がっていることを示している。波形に注目するとピークが二つ確認できる。一つ目の小さいピークは、踵が地面についた際の衝撃を吸収する屈曲である。また二つ目のピークは足を前方に降り出す際の様子を反映している。このように通常の歩行動作に見られる特徴を計測できていることがわかった。また、演習ではデータの比較対象として、矢状面からの動画を撮影しておき、その画像をフリーソフト (Kinovea) によって解析を行い、膝関節の角度変化を求めた。そして、それぞれの結果を比較し、計測結果の違いやその要因などを考察させた。



図 10 歩行計測の様子

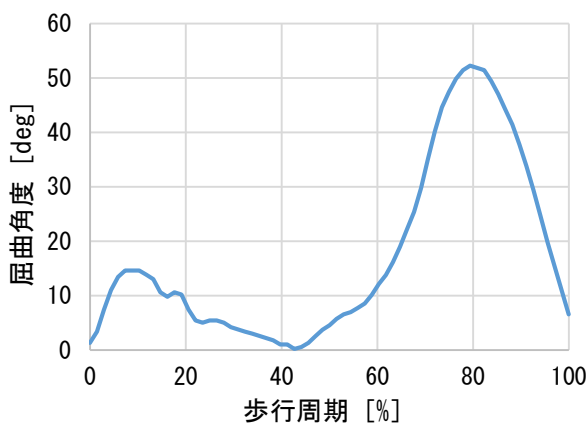


図 11 計測した膝関節角度変化の例

4.4 学生アンケートの結果

受講した学生の感想は、本学が全学的に行ってい

る学生アンケートによると、「シラバスに示されている達成目標はクリアできたか」という設問には 8 割近い学生は「そう思う」と回答していた。また、「授業内容は理解できたか」という設問には、9 割を超える学生が「そう思う」と回答し、「この授業には全体として満足している」という設問に至っては、全員が「そう思う」と回答していた (図 12)。

本演習は選択科目であることから、演習で扱った内容に興味があった学生が受講していることも考えられるが、学生に学習意欲を持たせることができたのではないかと考えている。

9 シラバスに示されている達成目標をクリアできた。		
1 強くそう思う	23 %	
2 ややそう思う	54 %	
3 どちらともいえない	23 %	
4 あまりそう思わない	0 %	
5 全くそう思わない	0 %	
10 授業内容は理解できた。		
1 強くそう思う	23 %	
2 ややそう思う	69 %	
3 どちらともいえない	8 %	
4 あまりそう思わない	0 %	
5 全くそう思わない	0 %	
11 この授業には全体として満足している。		
1 強くそう思う	31 %	
2 ややそう思う	69 %	
3 どちらともいえない	0 %	
4 あまりそう思わない	0 %	
5 全くそう思わない	0 %	

図 12 学生アンケートの回答 (一部)

5. まとめ

今回の計測で使用した機材の総額は数千円程度 (学生所有のノート PC は除く) であり、システム全体で数千万円の費用がかかる 3 次元動作解析装置とは、比較にならないほど安価である。無論、計測精度や解析内容のバリエーションでは劣るものの、安価な部品でも使い次第で、歩行動作の定量的評価が可能となることが学生に理解されたと考える。

「電子工作演習」は平成 28 年度から開講した科目である。現時点で学生の満足度は得られているが、まだまだ改善の余地が残されている。今後は、演習項目の見直しなどを行い、さらに充実した演習内容に発展させたいと考えている。

参考文献

- (1) 武田功: 臨床歩行分析ワークブック, 株式会社廣濟堂, 第 2 版, p. 16, 2017.
- (2) 江原義弘, 山本澄子: 臨床歩行計測入門, 医歯薬出版株式会社, 第 1 版, pp. 27-47, 2008.