

生命科学科臨床工学コースにおける生体情報計測に関する実験実習の報告

齊藤 幸喜

帝京科学大学生命環境学部生命科学科

Reports on the Experiments of Biological Information Measuring at Clinical Engineering Course of
Department of Life & Health Sciences

Koki SAITO

Department of Life & Health Sciences, Faculty of Life & Environmental Sciences, Teikyo University of Science

キーワード：生体情報計測、心電図測定、ラズベリー・パイ、電子回路製作

Keywords : Biological information measuring, Electrocardiogram measurement, Raspberry Pi, Electronic circuit fabrication

はじめに

臨床工学技士国家試験受験においては、電子回路および生体情報計測の知識が必要不可欠である。これらの分野は講義で学ぶが、座学のみでは学生には十分身につけていないようである。さまざまな医療機器では、センサからの情報を読み取り、プログラミングにより電子回路を制御しているが、臨床工学コースの学生にとっては、講義のみでは実際のイメージがつかみにくいものと考えられる。電子回路については「臨床工学実験Ⅰ」および「臨床工学実験Ⅱ」で初歩的な実験を行うが、現時点では不十分である。

そこで、本研究においては、実際に学生に電子回路を製作させ、プログラミングを行わせることにより生体情報を計測させた。この実験により、電子回路および生体情報計測に関する実際に使える知識を身につけさせることを目的とした。

実験実習内容

1. 心電図測定

1-1 心電図測定回路の準備

心電図測定には、Analog Devices 社製の心電図測定用評価ボード (EVAL-ADAS1000SDZ) とコントローラーボード (Blackfin SDP-CB1) を用いた¹⁾。これら2つのボードを組み合わせることで、入力端子からの心電図信号を測定し、パソコン上で心電図波形を表示させることが可能となる。実際に用いた回路を図1に示す。

パソコンには専用のソフトウェアをホームページからダウンロードし、インストールした¹⁾。心電図信号はDB15コネクタから入力し、出力信号はUSBケーブル経由でパソコンに取り込んだ。



図1 心電図測定回路

1-2 ECG チェッカを用いた心電図測定

図1の心電図測定回路を用いて、日本光電社製のECGチェッカ (AX-301D)²⁾からの心電図信号を入力し、心電図波形を表示した。AX-301Dからは13種類の心電図信号を出力することができる。表示した心電図波形の例を以下に示す。

図2は、正常な心電図波形である。上から第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導、第Ⅲ誘導、胸部V₁誘導、胸部V₂誘導の波形である。心房の脱分極に相当するP波に続いて心室の脱分極に相当するQRS波が観測され、その後心室の再分極に相当するT波が観測されている。心周期は1秒で、心拍数は60bpm (beats per minute) であることが分かる。

図3は、心室期外収縮 (PVC: Premature Ventricular Contraction) の波形である。表示の3拍目に予定より早期に先行P波を伴わない幅の広いQRS波が観測されている。さらに、このQRS波の後に、逆行性



図2 正常心電図



図3 心室期外収縮波形

の T 波が観測されている。この波形から、心房が脱分極する前に、心室の局所から心臓の興奮が始まり、伝導速度の遅い固有心筋を伝導するため、心室全体の興奮に時間がかかっていることが分かる。

図4は、心筋虚血によるST低下の波形である。第2誘導でST低下が見られ、V₁、V₂誘導でR波の減高が見られる。これらは、心内膜部分の虚血による狭心症発作に特徴的な波形である。



図4 ST低下波形

図5は、心臓ペースメーカーを用いた際の心房心室ペーシング波形である。この波形では、心房および心室を刺激するための2本の鋭いスパイク信号が

観測されている。心室に対するスパイク信号の後に、幅の広いQRS波と逆行性T波が見られる。



図5 心房心室ペーシング波形

学生には、これらさまざまな心電図波形を観測させ、それらの波形の特徴、発生機序、原因疾患および治療法等について調査させ、レポートとして提出させた。

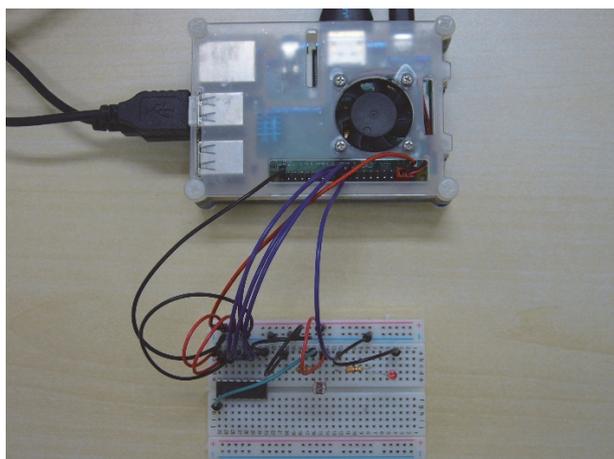
2. Raspberry Pi を用いた電子回路製作

小型マイコンボード (Raspberry Pi 3) と各種センサを用いて電子回路を製作し、プログラミング言語 Python を用いて測定および制御プログラムを作成した。参考文献^{3,4)}を参考に、Raspberry Pi 3 のセットアップを行い、いくつかの回路を実際に製作した。

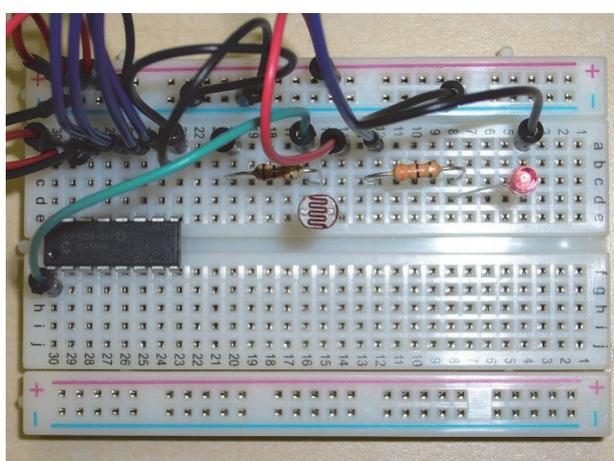
まず、インターネット経由で Raspberry Pi 3 用の OS をダウンロードし、専用のフォーマットでフォーマットした micro SD カードへコピーし、展開した。この micro SD カードを Raspberry Pi 3 へ挿入し、ディスプレイ等を各種ケーブルで接続し、OS のインストールを行った。本実験で使用した OS は Linux 系の Raspbian Jessie v2.0.0 であり、Python のバージョンは 2.7.9 である。以下に、製作した電子回路の一部を示す。

2-1 LED 自動点灯回路

図6に、製作した LED 自動点灯回路を示す。図6 (a) の上部が Raspberry Pi 3 である。センサおよび制御部を図6 (b) に示す。ここでは、AD コンバータを用いて照度センサ (CdS セル) で測定した周囲の明るさのアナログデータをデジタルデータに変換して用いている。Python を用いてプログラミングすることにより、設定の照度になったら自動的に LED が点灯する回路が製作できた。



(a) 全体写真



(b) センサおよび制御部
図6 LED自動点灯回路

2-2 温度センサを用いた温度測定回路

図7に、温度センサを用いた温度測定回路を示す。ここでは、I2C (Inter-Integrated Circuit) と呼ばれるシリアル通信方式が必要となる。I2C 接続では、Raspberry Pi 3を「マスター」とし、温度センサや温度表示のLCDを「スレーブ」とする「マスター・スレーブ接続」を利用する。スレーブデバイスにはアドレスという概念があり、異なるアドレスを持つデバイスを複数接続することができる。

指定したアドレスに適切な命令を送るようプログラミングしたところ、図7に示すように、実際に周囲の温度を測定し、測定温度をLCDに表示することができた。さらに、温度センサの上に指を接触させると、体温により表示温度が上昇していく様子が確認できた。

2-3 PWMを利用したフルカラーLED点灯回路

図8に、フルカラーLED点灯回路を示す。ここでは、パルス幅変調 (PWM : Pulse Width Modulation)

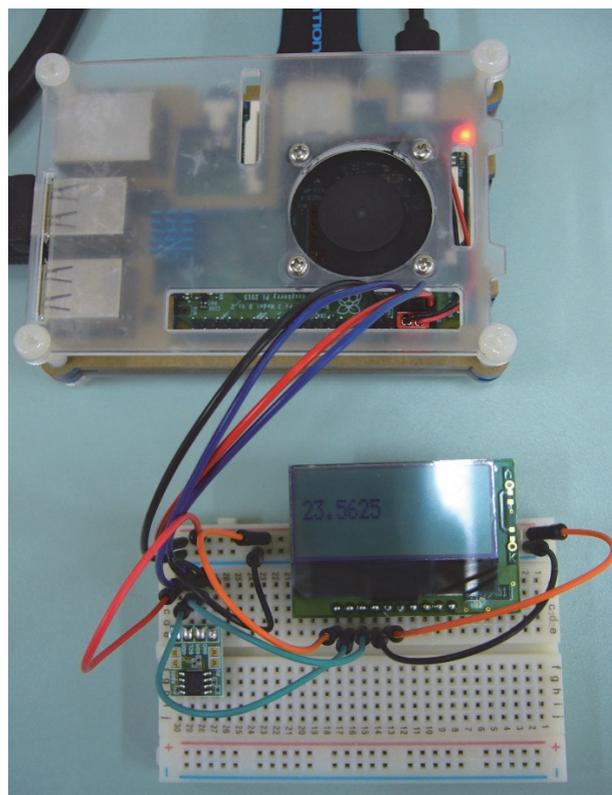


図7 温度センサを用いた温度測定回路

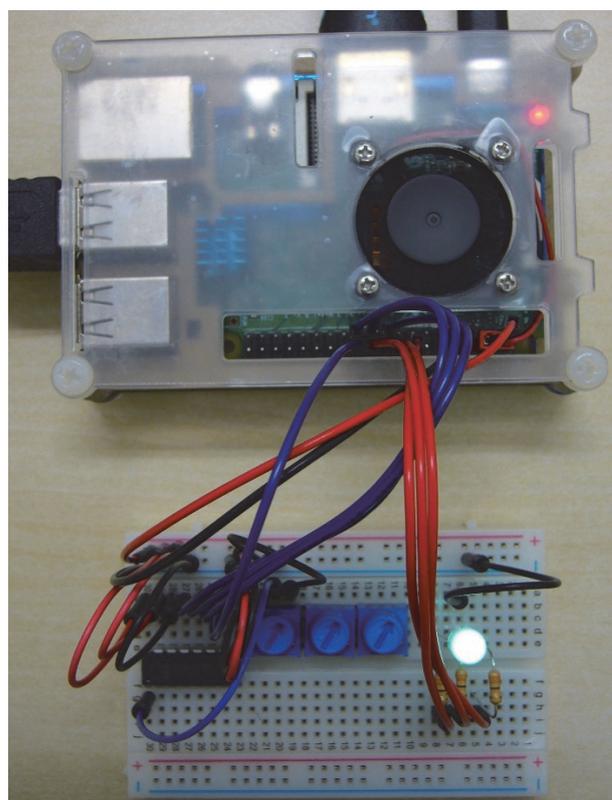


図8 フルカラーLED点灯回路

を利用している。PWMとは、周期的にLOWとHIGHの間を変化するパルス信号の幅を変化させ、疑似的なアナログ信号を出力する信号方式である。

ここでは、ソフトウェアで赤 (R) 緑 (G) 青 (B) の三色に対応する PWM 信号をそれぞれ発生させ、LED の発光色をフルカラーで変化させた。図 8 の回路中央の 3 つの青色の半固定抵抗がそれぞれ R, G, B の発光強度に対応し、これらのつまみを回すことによりフルカラー表示が可能となった。

これらの回路についても、学生に動作原理、回路構成、プログラムの要点等について調査させ、レポートとして提出させた。

まとめ

心電図測定回路の準備においては、実際に学生に操作させたところ、説明書が英語であることもあり、動作確認までかなり苦労していたようである。この作業を通して、心電図波形の処理の流れを理解できたと考えられる。

実際の心電図測定においては、ほとんどの学生は、さまざまな異常心電図波形を初めて見たという状態だった。それぞれの波形について、波形の特徴、発生機序、原因疾患および治療法等について調査させることにより、心臓に関する生理学および疾患について学ばせることができた。

Raspberry Pi を用いた電子回路製作においては、Linux に初めて触れる学生がほとんどだったため、セットアップに苦労したようである。ブレッドボードを用いた回路の組み立ては、「臨床工学実験Ⅰ」や「臨床工学実験Ⅱ」で行ってきたためそれほど戸惑ってはいなかったが、Python によるプログラミングではエラーが続出した。苦労して作成したプログラムが思った通りに動作したときは、喜んでいただよう

ある。

また、AD 変換や PWM については、言葉としては知っていても、実際に体験したことはなかったため、「そういうことか」と「やっと納得した」と話している学生もいた。

このように、座学のみではなく、実際に電子回路を製作しプログラミングを行い、さまざまな測定を行うことを通して、実際に使える電子回路および生体情報計測に関する知識を身につけさせることができたと考えられる。

謝辞

本研究は、平成 28 年度帝京科学大学教育推進特別研究の助成を受けて行われたもので、深謝いたします。

参考文献

- 1) EVAL-ADAS1000SDZ User Guide (ホームページ)
<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/UG-426.pdf>
(2017/8/24)
- 2) 日本光電 製品情報 (ホームページ)
http://www.nihonkohden.co.jp/iryu/products/research/07_maintenance/ax301d.html
(2017/8/24)
- 3) 福田和宏：これ 1 冊でできる！ラズベリー・パイ 超入門 改訂第 3 版，ソーテック社，2016
- 4) 金丸隆志：カラー図解最新 Raspberry Pi で学ぶ電子工作，講談社，2016