

Arduino 互換機を用いたコンピュータ科学用教材開発と バイオ系学部生への実践例

島田 洋一*1

Email:shimada@his.kanazawa-it.ac.jp

*1: 金沢工業大学 バイオ・化学部 応用バイオ学科

◎Key Words Arduino 互換機, コンピュータ科学用教材, 机上実験

1. はじめに

1971年にマイクロプロセッサ4004がインテル社から発表され、その後に多くの種類の8ビットマイクロプロセッサがデバイスメーカーから提供され、各社からの様々なパソコンが出現すると同時に一般ユーザによる自作も可能であった。また開発言語も当初はアセンブリ言語や機械語が中心であったが、その後16ビット、32ビット、64ビットと次第に高性能化し、プログラミング言語も高級言語となって一般ユーザにとってはブラックボックス化する状況下ではコンピュータ科学の入門教材としての利用は困難になってきている。

しかし8ビットから高性能な64ビットまでのマイクロプロセッサは共にフォンノイマン型のために、その動作原理は基本的には共通で、計算機の動作原理を学ぶ教材としては安価で入手が容易な8ビットマイクロプロセッサを活用するのが有効と考えられる。しかもこれらの比較的容量の小さいマイクロプロセッサに関しては、各社が無料の開発環境を提供しており、また参考書籍やウェブ上でも様々な情報が容易に得られる状況にもなっているため、これらのマイクロプロセッサを搭載したボード教材を活用した授業を心理情報学科の学部生に対して実施してきた。そこでこの経験を元に、金沢工業大学のバイオ系の学部生を対象に、世界的に普及しているArduino互換機を用いた机上実験を中心としたコンピュータ科学の応用に関する医用工学の授業運営の実践例を報告する。

2. 心理情報学科での実践例

金沢工業大学の心理情報学科担当した当時のカリキュラムでは、1年生には必修であるコンピュータ科学を2単位分、その後プログラミング科目として必修・選択合わせて4単位分の科目を講義していた。これにより、必修の専門実験では再度コンピュータ科学およびプログラミングの知識を活用したより実践的なプログラム開発と動作確認の課題に取り組ませた。一グループ約20人弱の3年生に対する5週にわたる専門実験では、マイクロチップ社のPIC16F877Aを搭載する基板を多数用意し、学生一人にマイクロプロセッサのチップを一個ないし複数個と基板とを貸与して入出力のプログラム⁽¹⁾を作成する課題を与えた。なお開発環境はマイクロチップ社の提供する無料のMPLAB IDEを学生のパソコンにインストールさせ、プログラミング言語には当初はアセンブリ言語を、その後には開発効

率とプログラミングの授業との連携を考慮して高級言語のCを使用した。なお入出力のプログラムには各種のセンサからのアナログ入力、出力にはデジタル信号による音や光或いはモーター駆動のどちらか選択させ、そして割込機能をも組み込ませる課題とした。

また選択科目のプログラミングに関する授業では最近の携帯電話やRaspberry PiやBeagleBone Black等の小型ボードコンピュータに搭載されているARMのアーキテクチャとの対応と卒業後の将来を考えて、アトメル社のATmega328Pを対象に選び、このデバイスをブレッドボード上に搭載させたコンピュータシステムを⁽²⁾各学生が一台ずつ構築して、C言語によるプログラム開発の流れを体験させるようにした。

このために簡単な入出力プログラムの開発を統合開発環境AVR Studioを用いて行い、貸与したライタのAVRISP mk2によりターゲットシステムに書き込ませ、実際のソースプログラムがどの様に機械語まで変換されるか、さらにシミュレータによりプログラムがどの様に実行されるのかを観察させ、さらに実際に動作させることで理解を深めさせた。

しかし、この授業では実際の配当時間の関係から複雑なプログラムを開発することが困難であり、比較的簡単な入出力プログラムを扱うのみであったが、基本的な内容は確実に掴めるように工夫した。

3. 応用バイオ学科での実践例

応用バイオ学科ではカリキュラム上コンピュータ科学に相当する科目が開講されていない。またプログラミングに関する科目もコンピュータリテラシー教育の中の一部として導入されているだけで、体系的な情報関連科目が配当されていない。従ってコンピュータのハードウェアおよびソフトウェアに関する知識には大きな個人差が存在したままである。そこで平成26年度から応用バイオ学科への移籍を機会に、担当する選択科目の医用工学および生体計測の授業においてコンピュータのハードウェアおよびソフトウェアの基礎的な項目の一部を取り扱う事にした。なお今年度は前期に医用工学を開講したので、生体情報計測システムとしてのコンピュータシステムを扱うこととし、講義室での机上実験を中心とした授業を展開することにした。

3.1 Arduino および互換機

Arduinoはイタリアで開発された教育用にも活用できる名刺大のボードで、オープンソースのために様々

な互換機が市場に豊富に出回っている。また世界的にも有名な製品であり、書籍をはじめ様々な情報の入手が容易であり、多くの教育機関でも導入されていて実践例も豊富である。そこでコンピュータ関連科目が必ずしも十分配当されていないバイオ系の学部生でも操作と理解が容易であり、様々な机上実験を通じてコンピュータシステムの応用を体験するために Arduino 互換機である Freaduino (ElecFreaks.com) を選定した。選定理由は USB ケーブル付きで安価で有ること、サーボモータ用のピン端子を備えていること、電源として 3.3V と 5V の切替スイッチがあること等である。一方で問題点としては CPU が表面実装タイプなので壊れてしまうとボード自体は廃棄せざるを得ないことである。

3.2 統合開発環境 Arduino IDE v.1.6.3

使用する無料の Arduino 統合開発環境は比較的新しいバージョンである Arduino IDE v.1.6.3 で、このバージョンではソースプログラムを記述するエディタ画面に行番号を付加してコンパイル時のエラーメッセージの行番号に対応した修正が容易である。また、コンパイル終了時にプログラムのサイズおよびグローバル変数の利用サイズを表示するので、ソースプログラムがどれくらいの大きさに変換されるかを簡単に知ることのできる。また処理プログラムの拡張の可能性を検討できる。またプログラム作成の過程では様々な関数が数多く提供されていて、最適な関数 (3) を選択することで目的に応じたプログラムが比較的簡単に開発が出来る。

3.3 授業の運営形態

今学期の医用工学の受講者は約 70 名であり、1 グループは 1 名から 3 名までとして、それぞれに Arduino 互換機、ブレッドボード、配線用線材、基本的な素子類をグループ毎に貸与した。貸与した素子類は LED、抵抗、タクトスイッチ、圧電スピーカであり、更に各グループの要求によってセンサやアクチュエータを追加貸与することとした。

なお確認すべき基本的な入出力プログラムには LED 点滅、音出力、スイッチ入力、ボリュームによるアナログ入力とデータ表示、モニタ画面による処理結果の表示等⁽⁴⁾を共通課題として選択している。また統合開発環境 Arduino IDE v.1.6.3 にはこれらのサンプルプログラムが添付され、充電式のパソコンとブレッドボードとの組み合わせで、学生はこれらの課題を時間と場所を気にすることなく自ら積極的に取り組むことで基礎的な技能と知識を身につけることが可能となる。

またランダム或いは一定間隔で提示された光や音に対する反応時間を測定するシステムをブレッドボード上に構築して、各自の反応時間を計測させるプログラム作成を中間時点でのレポート課題とした。この課題のための計測用ボードの例を図 1 に示す。このボード上には圧電スピーカ、2 個のタクトスイッチ、LED、およびアナログ入力用ボリュームが搭載されており、この課題を通じて各種の入力に関する関数や時間の計測方法の取り扱い方を習熟し、ヒトが認知できる最小の刺激提示時間を求めるシステムへの改良を考えることで、各自の最終課題の克服法を体験させるものである。

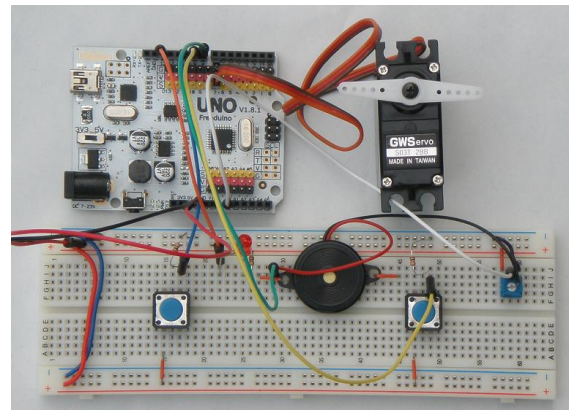


図 1 刺激応答時間計測用ボードとサーボモータを接続した Arduino 互換機 (Freaduino)

さらに基本的な発展課題として複数のチャンネルの AD 変換、割込処理、SPI と IIC による複数の周辺デバイスとの通信⁽⁵⁾、サーボモータやステッピングモータの駆動、液晶表示器や 2 台の互換機間の通信⁽⁶⁾などがある。また大量データ保存・読み出しのための SD カードへのアクセスも必要な課題でもある。

また 3 軸加速度センサ、超音波距離センサ、赤外線距離センサ、光センサ、赤外線ヒト感応センサ等の個別の処理を組み合わせ、医用工学領域での各グループの最終プロジェクト課題に取り組むことになる。

3.4 バイオ系でのコンピュータ応用について

バイオ系での Arduino 互換機の活用例として、例えば生体情報としての心電図、呼吸、体温、筋電図、皮膚抵抗、生体インピーダンス、脳波、指尖脈波⁽⁷⁾など測定があり、さらに睡眠時のバイタル信号のモニタ、手足の運動量計測等が上げられる。また装置への具体的な応用例としては遠心分離器の回転速度の調節、細胞培養機器の温度とガス濃度の計測制御などがある。

4. 今後の課題

Arduino に搭載されているポート端子の数が限られているので、多数のセンサ等を接続して実用性のある機能を高めるシステム構築にはシリアル通信機能である IIC または SPI 機能を活用する必要がある。またデータメモリ (2KB) とプログラムメモリ (32KB) の容量が共に少ない上にクロック周波数が 16MHz という制約の中で、どの程度の処理能力を実現できるのかを明らかにしておく必要がある。

参考文献

- (1) 神崎康宏：“作りながら学ぶ PIC マイコン入門”，CQ 出版(2005)。
- (2) 土井滋貴：“試しながら学ぶ AVR 入門”，CQ 出版(2008)。
- (3) 福田和宏：“Arduino ではじめる電子工作超入門”，ソーテック(2014)。
- (4) 小林茂：“Prototyping Lab”，オライリー・ジャパン(2010)。
- (5) 神崎康宏：“Arduino で計る、測る、量る”，CQ 出版(2013)。
- (6) 高本考頼：“みんなの Arduino 入門”，リックテレコム(2014)。
- (7) 鈴木哲哉：“ボクの Arduino 工作ノート”，ラトルズ(2013)。