

# Arduino を用いた電子木管楽器の設計

颯田 圭吾<sup>1</sup> 小形 真平<sup>1,a)</sup> 岡野 浩三<sup>1,b)</sup>

概要：近年の組込みシステム開発において，Arduino 等の電子開発システムは，個人での開発を容易にしている．本稿では，電子木管楽器を Arduino を用いて設計開発を実際に大学学部生が行った過程やそれによって得られた知見等について述べる．

キーワード：組込みシステム，Arduino，電子楽器

## 1. はじめに

近年の組込みシステム開発において，Arduino[1]，Raspberry PI[2] などの電子開発システムの普及，発展は目覚ましく，個人での電子機器の開発を容易にしている [3]，[4]．また，スマートフォンなどの個人携帯端末上で動作するソフトウェア開発環境の発展なども IoT のエッジサイドの開発を容易にしている．

本稿では情報処理の初学者である大学学部生が Arduino 開発環境を実際に用いて電子吹奏楽器を設計開発した過程と，それによって得られた知見について述べる．

## 2. 準備

Arduino は，AVR マイコンと入出力ポートを備えた基板からなるシステムであり，オープンソースハードウェアとして開発されたワンボードマイコンの 1 つである．制御部となるソフトウェアの開発はホストとなる PC 上で C++ like な Arduino 言語を用いて行う．設計のための統合開発環境が無償で用意されており，容易にハードウェア設計が行える．Arduino の基板は入出力ピンの数，仕様電圧，物理サイズなどの違いにより複数の物が用意されており，小さいものでは Arduino Pro Mini (16 pins 18mm×33mm) などがある．入出力ピンはデジタル，(PWM 制御による) アナログの入出力を扱え，一部の入出力ピンは入出力の方向やデジタル・アナログの切り替えをソフトウェア側から制御できる．またいくつかのライブラリを用いて，シリアルデータ転送が行えるため，既存 PC 機器との情報交換も可能である．

Arduino を用いて種々のエッジサイドのデバイスの作成が可能であるが，今回は容易に作成できる実用機器の試作という観点から電子木管楽器を設計開発することにした．

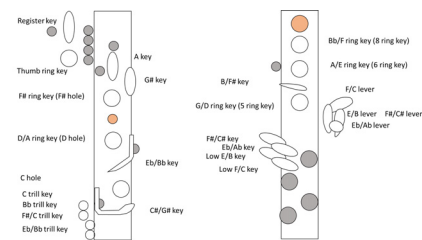


図1 Clarinet Keys Holes

電子楽器は通常の楽器と異なり，種々の音色を楽しむほか，音を外部に漏らさず練習できる利点がある．

なお，電子 MIDI 木管楽器として Yamaha から WX-5，AKAI から EWI シリーズが市販されている．これらの楽器はリコーダーの運指を基本としており，吹奏楽，オーケストラで用いられる木管楽器のなかでは比較的普及している Clarinet の運指での運用は無理があると考えられる．

設計開発は情報処理の初学者である大学学部生が 1 名でおこなった．

## 3. 設計

### 3.1 対象楽器

代表的な木管吹奏楽器である Clarinet を対象にした．この楽器は単簧の木管楽器であり，閉管構造の楽器であるため幅広い音域を演奏できることが特徴とされる．Clarinet の B 管は記譜で中央 C 音の下 E から上に約 4 オクターブ弱の音域を持つ．移調楽器であるため実音の最低音は D となる．また，多くの開管構造の楽器ではオクターブキーを押下すると 1 オクターブ上の音が出せるのに対して，同等の役割を果たすレジスターキーを押下すると 3 倍音上の 1 オクターブ半上の音が出るという特徴を持つ．そのため幅広い音が出せる反面，多くの音を基底音で出す必要があり，キーの複雑さや一部の音域 (ブリッジ音域) の難しさなどの欠点も持つ．

Clarinet のキー音孔配置を図 1 に示す．左が上管部，右が下管部になる．

<sup>1</sup> 信州大学  
Shinshu University, Nagano, Nagano 380-8551, Japan  
<sup>a)</sup> ogata@cs.shinshu-u.ac.jp  
<sup>b)</sup> okano@cs.shinshu-u.ac.jp

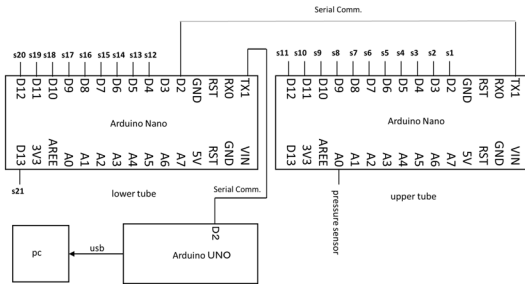


図 2 配置図

### 3.2 Arduino の配置設計

電子木管楽器の作成にあたり、運指の感覚を損ねないように通常の Clarinet を再利用することとした。すなわち、Clarinet の各音孔に対しスイッチを配置し、スイッチの on, off 信号をとらえて、対応する midi 信号を作成することとした。物理的形状の制約から、Clarinet の上管部、下管部それぞれに Arduino Nano を配置し、それぞれの音孔の情報をとらえることとした。音を決めるために必要な上管の音孔数、下管の音孔数はそれぞれ 11, 10 である。

また上管に配置する Arduino に気圧センサ(部品名:メトログイン MIS-2500-015G (5V) P5410X015)を取り付けプレスセンサーとした。この気圧センサーをアナログ入力 pin に接続することにより、プレス圧 (midi の velocity 値) の取得と音信号の on,off の制御に用いる。

また、上管部から下管部の Arduino への信号送信に serial 通信を用いた。下管部の Arduino から外部の Arduino への通信にさらに serial 通信を用い、外部の Arduino はその信号に基づき、最終的な midi 信号を USB 経由で PC 等へ出力する。その信号を受け取ったデバイスで midi 再生ができる。

全体の配置図を図 2 に示す。

### 3.3 制御部の設計

各 Arduino の制御部設計は、初期化ののちスイッチの情報と受け取ったシリアル情報をもとにその受け持ち Arduino で判断できる音高信号を送信する。最終的に下管部の Arduino の出す音高信号は 45 個となる。

以下の点に留意する必要がある。

- (1) 同じ音高を出す複数の運指が存在する。
- (2) 音孔の on,off とキーの on,off に一部多対多の組み合わせが存在する。
- (3) 標準的な運指以外にも同じ音高を出す組み合わせが存在する。

## 4. ソフトウェア実装の実際

### 4.1 工数

本設計とソフトウェア実装に要した工数を表 1 にまとめる。予備実験は気圧センサーの性能評価に要した時間であ

表 1 工数:単位人日

開発環境構築	学習	予備実験	レビュー	コーディング
1	4	5	1	6

る。一初学者としての工数の所感を述べる。コーディング日数が多くなることは予想できたが概要設計にも日を要した。ハードウェア間の連携、midi 信号への変換など周辺知識にもわからないことが多く、想定していないミスが多発し、時間が掛かることになった。組込みシステム設計の際には、設計するソフトウェアとハードウェアについて学習時間を増やし事前にすべてを把握し開発設計をするべきであった。

### 4.2 得られた知見

Arduino 開発環境を実際に用いて電子吹奏楽器を設計開発をするにあたり一番の問題点となったのは数多くの運指に対応するプログラムの作成である。Arduino から出すべき音高信号は約 45 個に上ったが、同じ音高を出す運指が複数存在していたので約 90 パターンの条件式を記述することになった。人手で分類し場合分け記述量を減らしたつもりであるが決して軽量かつ、見やすいプログラムとは言い難い。運指のパターンの分類の自動化最適化アルゴリズムの適用により条件式数も減らせたと考えられる。

今回は、Arduino Uno 1 台、Arduino Nano 2 台を用いて設計した。理由の 1 つは Arduino Nano が midi 信号を扱えないことである。今回はシリアル通信により一度 Arduino Uno を介して PC に接続することとした。PC 側で midi 信号に変換することができれば Arduino Uno を使用することなく今回の設計が実現できたと考えられる。

また、組込みシステムにおいてソフトウェアとハードウェアの連携が重要でありこの双方のズレを最小限にするようにプログラムの最適化、開発環境の改善をするべきであった。

## 5. おわりに

今後は実際に機器として実装し、評価、改良を行いたい。また、その結果の知見をもとに、Arduino を用いた小型組込み機器開発の初学者向けの開発支援方法を考案、開発していきたい。

### 参考文献

- [1] Arduino – Home (online) 入手先 (<https://www.arduino.cc/>) (2016.09.9).
- [2] Raspberry Pi – Tech, Learn, and Make with Raspberry Pi (online), 入手先 (<https://www.raspberrypi.org>) (2016.09.09).
- [3] 小林茂: “PrototypingLab 「作りながら考える」ための Arduino 実践レシピ”, 株式会社オライリー・ジャパン, (2010)
- [4] Massimo Banzi: “Arduino をはじめよう 第 2 版”, 株式会社オライリー・ジャパン, (2012)