

# 高専教育で学んだ知識と技術を活用した自作自動販売機の製作

## Production of Homemade Vending Machine Utilizing Knowledge and Technology Learned in National Institute of Technology (KOSEN), Yonago College

寺西 勇裕\*\*, 井上 和喜\*\*, 岩浅 大輝\*\*, 徳光 政弘\*\*\*

Yusuke TERANISHI, Kazuki INOUE, Hiroki IWASA, Masahiro TOKUMITSU

### 概要

自動販売機は、商品の冷却や硬貨判別、商品搬出機構等の機能を実現するために機械、情報、電気電子等の様々な分野の技術が使われている。著者らは電子制御工学科に所属し、高専で学んだ様々な専門分野の知識と技術を活用して、自動販売機を製作した。また、製作した自動販売機は本校の文化祭や地域の科学教室への展示を行い、地域の人から感想やフィードバックを受けた。製作した自動販売機は、実際に金銭を受け渡し、商品を売買できるもので、自動販売機としての役割を十分に果たす。本稿では、自動販売機の製作にあたり使用した各技術やノウハウなどを述べ、完成品の評価を報告する。

## 1 はじめに

著者らは、米子高専電子制御工学科で、5年生のこれまでに情報、電気電子、機械制御など、様々な分野の専門的な知識及び技術を学んできた。しかし、これらの技術と知識の実践は座学や演習、試験に留まっている。さらに、授業内で実際にものづくりを行う機会は少ないと感じる。そのため、最終学年である筆者らは、高専で学んだ技術が卒業後のものづくりの現場で通用するのが不安に感じていた。そこで、自らの実力が知りたいという好奇心から、卒業研究の所属研究室学生を中心によるものづくりを行うことを決意した。著者らの話し合いによって、様々な技術が使われていて身近にある自動販売機を開発の対象とし、11月の高専祭への展示を目標にの製作を行うことにした。

自動販売機の製作にあたって、缶ジュース等の商品を購入するときの流れについて考える。購入者はまず、硬貨を自動販売機に投入する。自動販売機は硬貨の金額に応じて、購入可能な商品選択ボタンのLEDを点灯させる。購入者は点灯した選択ボタンを押すと、該当する商品が取り出し口に落下して、購入者は商品を手にすることができる。このようにして、購入者は自動販売機で商品を購入する。自動販売機がどのような分野の技術によ

り実現されているかを考えてみると、様々な分野の技術が組み合わさって作られていることがわかる。自動販売機で商品購入の一連の動作のなかで、硬貨投入後のボタンの点灯や、ボタン押下時に商品が落下する動作の制御などは、自動販売機に搭載されたコンピュータ上のプログラムによって行われる。また、ボタンのLEDの点灯や商品の提供に用いられるモータ等の制御には電気信号が必要であり制御回路が用いられる。さらに、単純に自動販売機の機械部品を動かすだけでなく、モータの制御には、商品の重さを考慮し破損しないことが求められる。このように、自動販売機には、「情報」、「電気電子」、「機械制御」など様々な技術が利用されている。

以上より、自動販売機に求められる技術を分析し、自動販売機はこれまで著者らが身に付けてきた知識や技能を測るのに申し分ない工作物であると考えた。実際の製作では、既存の自動販売機の構造を参考に、設計から材料・部品の選定及び購入、加工、組み立て、制御までをすべて著者らで行った。本稿では、製作した自動販売機の構造や仕組みについて報告する。また、文化祭、地域の科学教室での展示を行ったので、それらについても報告する。

## 2 自動販売機の製作

### 2.1 準備・設計

製作にあたり最も意識したのは製作費用である。完成した自動販売機は米子高専文化祭(高専祭)に展示し、

\* 原稿受理 令和2年1月10日

\*\* 電子制御工学科 学生

\*\*\* 電子制御工学科 准教授

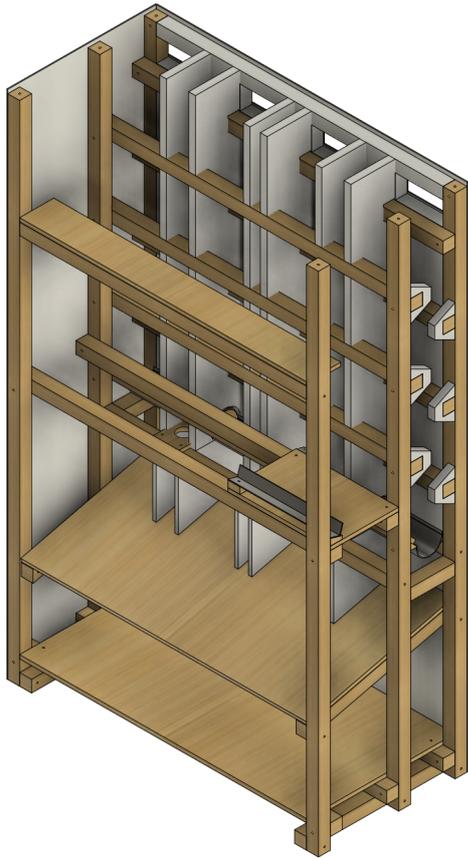


図1 設計図

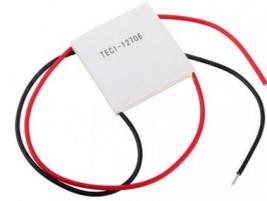


図2 ペルチェ素子

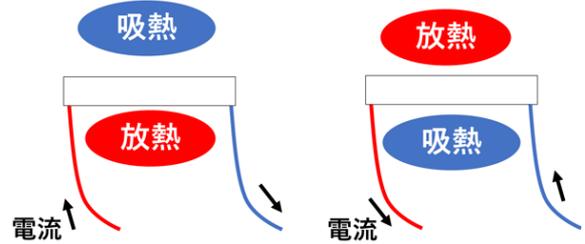


図3 吸熱と放熱の関係

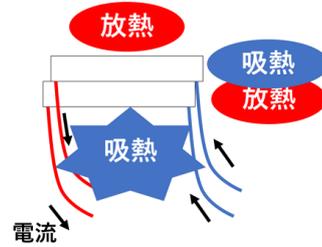


図4 ペルチェ素子の2段構造

実際に缶ジュースを販売することを計画した。自動販売機の製作費用は、文化祭での缶ジュースの売り上げを充てることにした。したがって、缶ジュースの売り上げが製作費用になるため、当初は3万円を予算に製作することにした。予算3万円で街中で見かける自動販売機のような金属筐体のものを製作することは難しい。そこで、筐体はホームセンターで安価に購入できる資材で製作することにした。

自動販売機の製作をする前に部品の配置や構造を検討するために、3D CADで約1か月にわたって設計を行い、大まかな構造や部品配置を検討した。3D CADソフトは学生が無料で使用できるAutodesk社のFusion 360[1]を使用した。製作前に3D CADソフトで部品の構造や配置を検討することは、非常に有意義な工程であった。

図1に製作前にFusion 360を使用して設計した設計図を示す。自動販売機が取り扱える缶ジュースは4種類とし、缶を収納するレーンを4つ設けた。そして、収納した缶を冷やすために自動販売機の周囲には建築用断熱材で覆った。缶の補充は市場の自動販売機とは異な

り、背面に空けた穴から入れるようにした。

## 2.2 缶の冷却方法

自動販売機内の缶を冷やすためにペルチェ素子を使用した。ペルチェ素子とは直流電流によって冷却、加熱、温度制御を行うことができる半導体素子である(図2)。ペルチェ素子を選んだ理由は、ペルチェ素子は1枚数百円程度で購入でき、電流を流すだけで冷却できるため取り扱いが容易だからである。ペルチェ素子に直流電流を与えると片面が吸熱し、もう片面から放熱する(図3)。電流の向きを変えると吸熱面と発熱面が反対になり、温度制御が可能になる。しかし、ペルチェ素子の放熱量が非常に大きく、この熱によって冷却性能の低下が引き起こされるという問題がある。冷却性能を維持するためには、放熱面の冷却が必要となる。ペルチェ素子を使用するために、放熱面の冷却方法も検討することにした。

まず、ペルチェ素子の冷却能力を調べるために予備実験を行った。予備実験では、ペルチェ素子を発泡スチロール容器(250mm×150mm×250mm)に取り付け、容器内の空気をどの程度冷やすことができるかを調

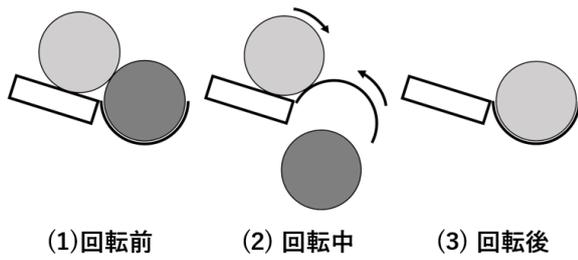


図5 製作した商品搬出機構の概念図

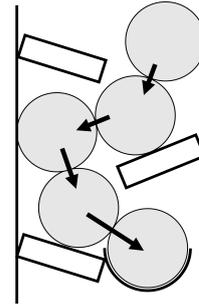


図6 缶収容レーン

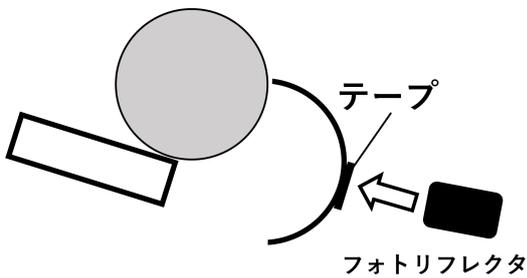


図7 回転筒の位置決め制御の概念図

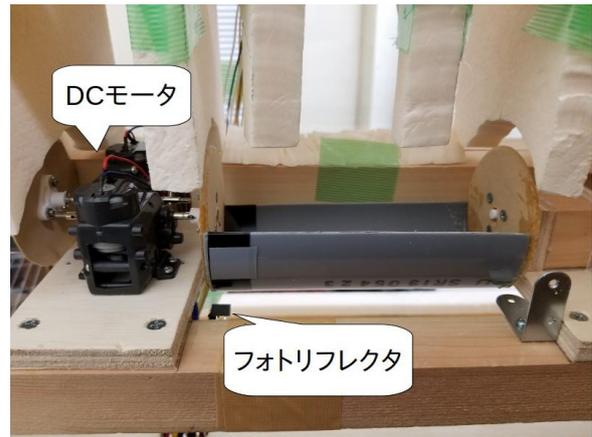


図8 実際の搬出機構

べた。実験の結果，室内 31.5 °C に対して容器内 17.6 °C で室温 -14°C 程度の冷却性能を示した。しかし，市販の冷蔵庫内の温度は 7 °C 程度であり，缶を冷やすにはこの冷却性能では不十分である。そこで，ペルチェ素子を多段に重ねることで冷却性能を高める方法があることを知り，これを実験して性能を評価することにした。2 段重ねにしたペルチェ素子の構造を図 4 に示す。この構造にすることで，下段の放熱を上段で吸熱することができ，下段の吸熱効率を高めることができる。さらに，上段の放熱を抑えることができ，放熱量を少なくできる。その結果，1 段では表面温度-5.0 だったのに対して 2 段では-17.6 まで冷却性能を高めることに成功した。

一方で，今回使用したペルチェ素子は定格 12V × 6A = 72W + 吸熱量 57W = 129W の電力を消費する。したがって，放熱側の冷却には最大消費電力 130W に対応する CPU ファンを使用した。製作した自動販売機では 4 レーン × 2 段重ねの計 8 枚のペルチェ素子を使用した。

### 2.3 缶の搬出方法

缶を搬出して提供する方法は一般的な自動販売機の構造を参考にした。一般的な自動販売機の商品搬出機構に

はベンドメカが用いられる。ベンドメカは，最下段商品を支えるペダルと缶の落下を受け止めるストッパーで構成され，商品搬出時にペダルが解放され商品が取り出し口に落下する [2]。ベンドメカでは，ペダルとストッパーに 2 つの動力が必要となる。また，商品 1 個だけを確実に搬出するためには，2 つの動作を高速かつタイミングよく制御することが求められる。したがって，ベンドメカを製作するのは著者らの技術力，予算では不可能である。そこで，1 つの動力で搬出可能な新たな機構を考案し製作した。

製作した商品搬出機構を図 5 に示す。図のように缶よりわずかに大きな径の筒を回転させる機構である。この機構は回転運動ただ 1 つの動力だけで実現できるため製作コストが低い。回転運動には TAMIYA のウォームギヤボックスを使用し，缶 5 つまでの荷重に耐えることができた。

缶はレーンに積み上げるように収容した。さらに，図 6 のように缶が互い違いに重なるようにレーンを設計した。これは一般的な自動販売機の構造と同様で，缶の荷重を多方向に分散させ，モータへの負荷を軽減させる狙いがある。

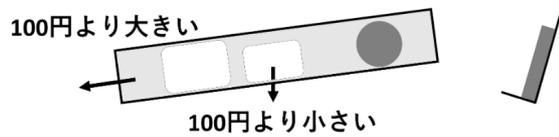


図9 硬貨判別器のしくみ

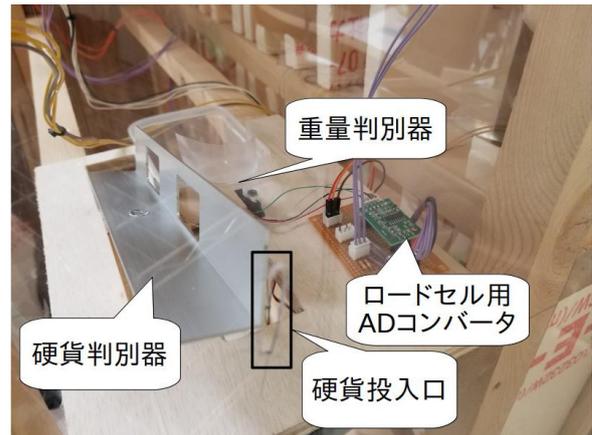


図10 実際の硬貨判別器と投入口

表1 必要電力の見積もり

名称	供給電圧[V]	供給電流[A]	搭載数	必要電力[W]
ペルチェ素子	12.0	6.00	4	288.00
	3.3	6.00	4	79.20
CPUクーラ	12.0	0.13	4	6.24
通風用ファン	12.0	0.20	4	9.60
缶排出用モータ	3.3	0.70	4	9.24
合計電力[W]				392.28

ただモータを回転させるだけでは缶が永遠に搬出されてしまう。缶を1つだけ搬出するためにフォトリフレクタを使用した。回転する筒の側面に黒いテープを貼り付けて、フォトリフレクタによって黒いテープを検出するとモータを停止させた(図7)。これにより、回転させるたびに筒が同じ位置で停止するため、1つずつ缶を搬出させることに成功した。

#### 2.4 硬貨の判別方法

日本で流通している硬貨は複数種類が存在するが、それぞれが違う図柄、材質、径、重量で製造されている。これを利用し、実際の自動販売機では電磁コイルや、硬貨表面の凹凸パターンを検出するセンサを利用したものが主流となっている[3]。しかし、このような高性能センサを利用して硬貨の認識機構を実現することは予算、製作期間、現段階の技術レベルを考えると難しい。そこで、簡易的に100円硬貨のみを判別する硬貨判別器を製作することにした。これに伴い、今回は100円硬貨のみが利用できる自動販売機とした。

硬貨判別器は小学生向けの硬貨判別貯金箱[4]を参考に製作した。アルミニウムのアングルにNCフライス盤で100円硬貨と同等の大きさで、それより一回り小さい穴を空け、その上に硬貨を滑らせて大きさを判別する構造になっている(図9)。

硬貨の大きさだけの判別では偽硬貨を判別することができない。そこで、大きさを判別したのちロードセルと呼ばれる0.01g単位で測れる重量センサを使用して重さによる判別も行った。判別の結果、100円硬貨であれば硬貨入れの容器に、100円硬貨以外であればおつり返却レーンにサーボモータを用いて物理的に仕分ける機構を実現した(図10)。

#### 2.5 電源の供給

製作した自動販売機には、ペルチェ素子による冷却機構や、缶を移送するために複数のアクチュエータを搭載しており、全体として多くの電力を必要とする。また、アクチュエータによって定格電圧が様々であり、1つの電源装置では降圧回路などを併用しなければならず、電源周りが大規模になるという問題があった。そこで、電源にPC用ATX電源を搭載することにした。24ピン端子を持つPC用ATX電源は12V、5V、3.3V電圧をそのまま供給でき、供給可能電力も大容量で安価であることから、今回の製作目的に適している。また、ATX電源には安全機能が組み込まれており、短絡保護回路や過負荷時に作動するヒューズなどを内蔵しているため電源周りの安全対策を省略することができた。

製作した自動販売機の実際に供給する電力を一覧に整

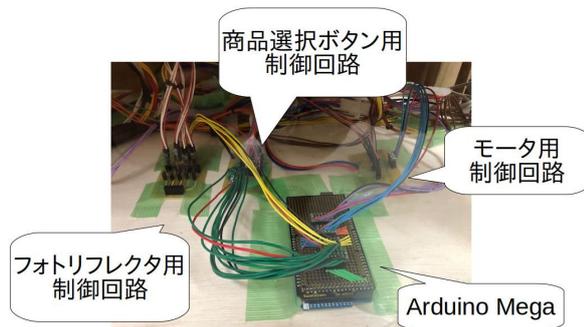


図 11 マイコンボードと各種制御回路

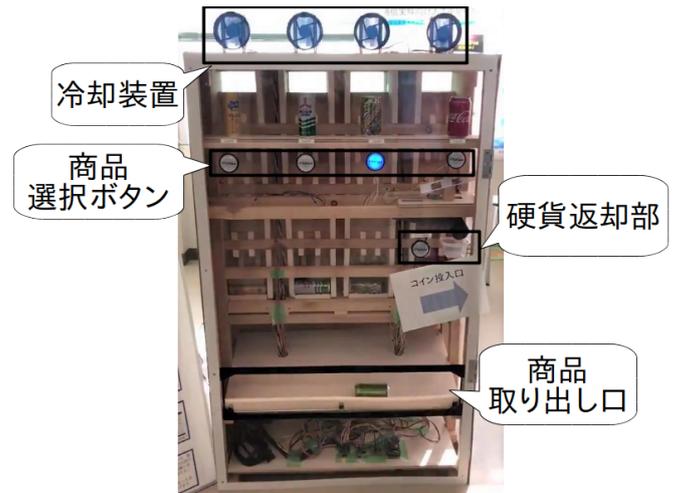


図 12 完成した自動販売機の外観

理すると、表 1 より、合計で 392.28W になる。使用した ATX 電源の定格電力は 400W で、定格出力の限界付近であるため、供給される電圧が不安定になる恐れがある。より余裕のある ATX 電源を選ぶべきか、電源出力の余裕等について再考が必要である。

### 2.6 マイコンボードと各種制御回路

製作した自動販売機は、構成部品で以下の測定や制御が必要である。

- (1) 缶の排出機構を制御するためのモータの回転量の制御
- (2) 投入硬貨の選別機構のサーボモータの回転制御
- (3) 缶を選択するためのボタン
- (4) 投入硬貨の重さの測定

これらの機能の制御や測定を実現するために、マイコンボードには Arduino Mega 2560 R3[5] を使用した。このマイコンボードを使用した理由は、通常の Arduino Uno[6] に比べて、多くのアナログ・デジタル入出力のピンを備えており、複数のマイコンボードを使用することなく、単一のボードで制御や測定機能が実現できるからである。

(1) については、マイコンボードから間の排出機構のモータ制御は、トランジスタをスイッチとして用いて、回転指示の入力をトランジスタに与えて、トランジスタの電流出力でモータを回転させる。(2) については、投入された硬貨が 100 円以外の場合、マイコンボードからサーボモータを指定の角度まで回転する制御信号を出力し動作させる。(3) と (4) については、ボタンの検知はデジタル入力、重さの測定はアナログ入力マイコンボードに信号を入力する。

## 3 完成後の評価

完成した自動販売機の外観を図 12 に示す。商品取り出し口の下段に制御用のマイコンボードや制御回路、ATX 電源を設置している。

完成した自動販売機は米子高専・高専祭 2019 (2 日展示) と米子こどもの科学教室 2019 (1 日展示) にて合計 3 日間展示した。展示中は老若男女を問わず写真や動画を撮影されるなど、来場者に高い関心を持ってもらえた。製作した自動販売機の展示のために、高専祭では 200 本以上の缶ジュースを用意したが、早い段階で売り切れた。

展示中には、製作した自動販売機の問題点を確認した。

- (1) 缶の補充時に、缶が荷重軽減のために設けたレーン内の段差に高確率で引っかかる。
- (2) サーボモータの回転の補正によりロードセルに接触し、硬貨が誤検出されてしまう。
- (3) 缶が 2 つ搬出されてしまう場合がある。

以上のような問題点は、長時間の展示を行うことにより、製作時の動作試験では確認できなかったものであった。

今回の自動販売機の製作は、完成までにかかった製作期間は 3 か月、製作費用は約 5 万円となった。様々な問題点があったものの応急処置をしながら展示を続けることができたのは、入念な準備・設計を行ったためだと考えた。今回製作した自動販売機の機能や完成度は、街中の製品として販売されている自動販売機には遠く及ばない。しかし、自動販売機としての役割は十分に発揮で

きるほど、当初の目標に対して完成度の高い作品に仕上がったといえる。

#### 4 まとめ

高専教育で学んだ知識と技術を活用する機会として、長い時間と多くの費用を充てて自動販売機を製作した。自動販売機の製作過程において、米子高専で学んだ様々な専門分野の知識と技術は、あらゆる箇所で活躍し、通常の座学や演習などでは経験することのできない達成感を得ることができた。製作にあたり使用した知識と経験は著者らが一生忘れることのない財産となった。今後は学んだ経験を生かして工学への探求心をさらに磨き上げていきたい。

#### 参考文献

- [1] AUTODESK, クラウドベースの製品設計用 3D CAD/CAM ソフトウェア, <https://www.autodesk.co.jp/products/fusion-360/overview> (2020年1月10日参照)
- [2] 富士電機, 自動販売機のグローバル対応商品搬出機構, [https://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou\\_2015/pdf/88-03/FEJ-88-03-196-2015.pdf](https://www.fujielectric.co.jp/about/company/gihou_2015/pdf/88-03/FEJ-88-03-196-2015.pdf), (2020年1月10日参照)
- [3] 三澤 隆志, 横森 伸二, 紙幣・硬貨の認識技術, 電気学会誌, 121 巻, pp. 458-461, 2001.
- [4] 横田 晴俊, 親子で作るコロコロスッキリ貯金箱, <http://www.yonago-k.ac.jp/support-ce/katsudo/koukai/2019/R1koukaikouza.pdf>, (2020年1月10日参照)
- [5] Arduino Mega 2560 Rev3, <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>, (2020年1月10日参照)
- [6] Arduino Uno Rev3, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>, (2020年1月10日参照)