

分別機能付空き缶プレス機の開発

古城 良祐*¹ 秋間 紳樹*²

Development of can crusher including separating function

Ryosuke FURUJO and Tsunaki AKIMA

要約

本装置は、飲料用容器である空き缶、ペットボトル、瓶を自動で分別し、空き缶については減容処理を行うものである。設置場所は公共施設などを想定し、一般の人が手軽に利用できる装置を目指した。本テーマに取り組んだ学生は、生産機械システム技術科の6名、生産電子システム技術科の4名であり、学生らは、ものづくりにおける企画・設計・製作・評価に至る一連の作業を実践した。筆者らは、安全性、製品としての完成度など、仕様から設計・製作・評価に至るまで、担当学生の技能・技術を考慮し開発の指導を行った。

1. はじめに

開発課題は複数の科の学生が、約1年の期間をかけて取り組む課題実習である。仕様・設計・製作・評価、プレゼン、全体の計画といった一連の要素に対し、学生が自主的に取り組む課題であるが、すべてを任せているのは当然ながら目標は達成できない。特に、何か困難・障害があると、すぐにあきらめて楽な方向へ仕様変更する傾向がある。

本テーマは学生提案であり、仕様検討の初期段階では、意気揚々とあれもこれもと機能を盛り込んでいたが、それら機能がその時点で自分たちに難しいと判断すると簡単にあきらめてしまっていた。そこで、筆者ら指導教員は、テーマの基本方針は当初の提案を活かしながら、学生の技能・技術を考慮して開発の指導を行った。

2. 仕様の設定

2.1 分別の意義

装置としてのアプローチは、ペットボトルを圧縮・減容する、空き缶とペットボトルを圧縮・減容する、分別のみで圧縮・減容は行わない等、様々な方法がある。また、自治体によっては、街角に空き容器回収機が設置され、付近住民が気軽に利用できるようになっている^[1]。その一方で、分別せずに回収する自治体もある。本装置の開発の意

義として、そもそも空き容器を分別する必要があるのか疑問が生じたため、各自治体に聞き取り調査をした。

その結果、回収時に分別していなくても、回収後の処理施設で、人手もしくは専用の装置によって分別しているとの回答であった。すなわち、分別のタイミングは異なるが、どこの地域でも最終的には分別をしているのである。そこで、分別機能を持つ回収装置が気軽に利用できれば、資源ごみを捨てる人への分別意識の付与と改善、リサイクルの手助けとなると考えた。

2.2 リサイクルの状況

装置の仕様に反映させるため、日本国内においてどの資源ごみが最も利用されているかインターネットによる調査をした。各資源ごみのリサイクル協会のデータ^{[2][3][4][5]}から、リサイクル率（再生利用重量/消費重量×100[%]）の推移と資源ごみの生産量の推移を求めた。図1がリサイクル率の推移、図2が生産量の推移である。図1、図2よりアルミ缶とスチール缶を合わせた空き缶は、リサイクル率、生産量ともに高い。これは、資源ごみとしての回収量、回収頻度が多いことを示す。

2.3 自治体・公共施設への調査

当校が属している自治体である岸和田市役所の生活環境課と、付近の公共施設である道の駅愛彩ランドの施設担当者に、資源ごみの回収状況や要望する装置の仕様等について聞き取り調査を行っ

*1：生産機械システム技術科（現 中国職業能力開発大学校 生産機械システム技術科）

*2：生産電子システム技術科（現 生産電気システム技術科）

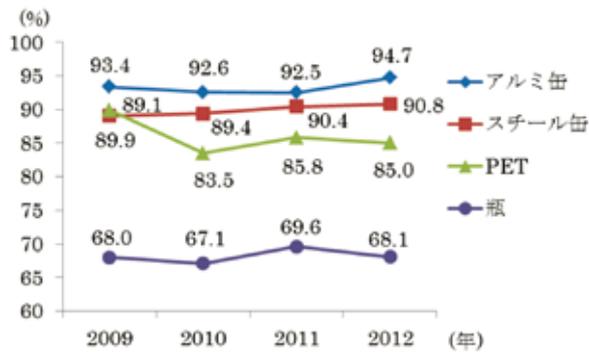


図1 資源ごみリサイクル率の推移

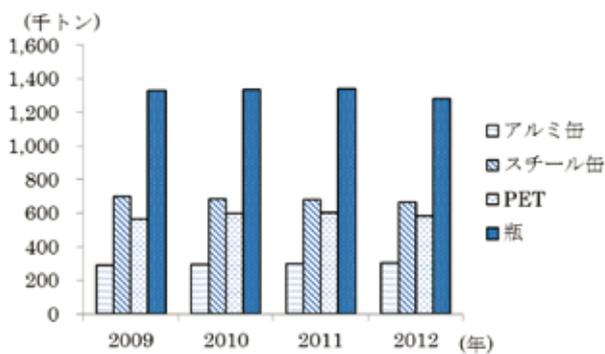


図2 資源ごみの生産量

た。表1がその内容である。道の駅では、空き缶の量が圧倒的に多く、缶を減容すれば回収効率が上がると考えた。また、市役所の回答から、缶は最終的にスチールとアルミに分別して圧縮することから、装置としてはアルミとスチールは分別せずに、圧縮は横方向にすることとした。

そのほか、各種要望をいただき、以下の機能を装置の仕様に反映した。

- ・投入された缶は全て減容処理を行う
- ・缶の材質による分別は行わない
- ・装置の動作中に音楽を流す
- ・防水性を高める
- ・メンテナンス性向上のため、装置天板の取り外しを可能とする
- ・缶が50本以上入るサイズのごみ箱を使用する

2.4 追加した仕様

学生らが調査によって設定した仕様以外に追加した仕様は次の通りである。

(1) タクトタイムは5秒

当初10秒程度を想定していたが、5秒とする。結果的には8秒となった。

表1 質問事項と回答内容

	質問事項	回答内容
道の駅	分別状況	業者が手作業により分別
	ごみの量	200本/回
	装置の許容サイズ ^g	正面は自動販売機と同程度
	希望ごみ箱のサイズ ^g	缶が50本以上入るもの
	希望する機能等	装置の動作中に音楽を流す
市役所	缶の回収方法	缶を圧縮しない前提で回収。圧縮する場合は横方向。スチール、アルミは混同。
	1日の資源ごみの量	缶と瓶は5.23トン、ペットボトルは8.51トン
	飲み残しの処理方法	洗浄後、下水へ排水
	分別後の処理方法	缶・ペットボトルは圧縮後買い取り。瓶はリサイクル協会へ譲渡。
	希望する機能等	防水性が必要、良いメンテナンス性、装置の動作中に音楽を流す。

(2) 分別動作や減容処理を見ることが出来る

分別意識の付与と改善を目指すのであれば、この装置を利用するメリットがないと利用率は上がらない。そこで稼働中は、音楽を鳴らすとともに、内部の分別・減容動作が見える構造とする。

(3) 安全考慮

この装置は、利用者に飲料容器を投入してもらう構造である。そこで、投入時に投入口に手を挟まない、角部で怪我をしない、処理部に負担をかけないような処理シーケンスや保護装置、いたずらされないような仕組みとする。

(4) 難易度の設定

機械部分では、装置の設計において、アセンブリ設計をしないよう指示した。これは、学生らがこれまで学んできたことの実践と併せて、初めて挑戦する内容も自分で調べて実践するため、学ぶ範囲が広がると考えたためである。

(5) 飲み残しの処理と飲み残し容器が投入された場合の対処

飲料容器が投入される場合、必ずしも空容器と

表 2 装置仕様

本体サイズ	2095×1597×600mm
投入部高さ	1500mm
重量	約 280kgf
投入方式	横向きに 1 本ずつ
回収対象	缶・瓶・ペットボトル 容量 180～500ml
回収容量	缶:約 350 本 瓶:約 60 本 ペットボトル:約 35 本
対象物判定方法	近接センサ(缶) , シリンドによる硬度判別(瓶, ペットボトル)
プレス方法	ボールねじ, 移動金口による圧縮
減容率	84% (減容前容積-減容後容積)/減容前容積
制御方法	PLC(Programmable Logic Controller)
表示装置	処理個数を 7 セグメント LED により表示, 動作状況を各種ランプにより表示
動作時間	8 秒
動作電源	AC100V
最大消費電力	1080W
設置場所	公共施設
利用者	施設利用者・回収業者



図 3 装置全体図

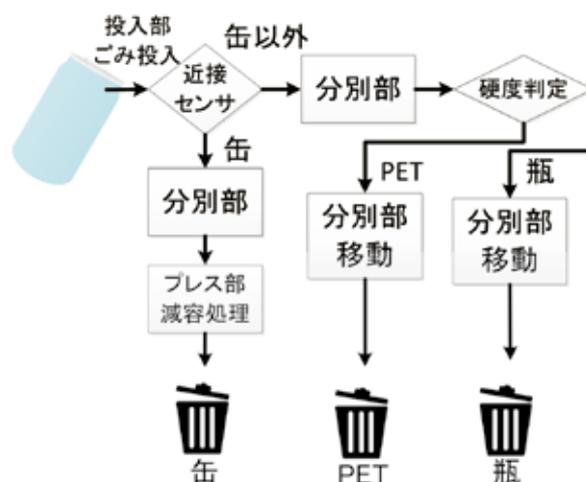


図 4 動作フロー

は限らない。当初は、容器内部の液体も自動処理することも考慮したが、最終的に、装置付近に飲み残しを排出する容器を設置し、そこに排出してもらう構造とした。ただし、万が一容器内部に液体が入ったままでも、分別・減容処理に影響のない構造とする。

(6) 缶, ペットボトル, 瓶の判別

リサイクル処理施設では、大掛かりな装置^[6]で高速に分別を行っている。コスト・難易度から、業務用ではないので処理速度は落としても何らかの方法で判別を行うようにする。

以上を踏まえ、装置は表 2 に示す仕様とした。

3. 装置概要

図 3 は装置全体、図 4 が動作フローである。投入部に飲料用空き容器が投入されると、近接センサにより空き缶とそれ以外(瓶, ペットボトル)に分別される。缶はプレス部にてプレスされ、その下に設置された空き缶用の回収箱へ投下される。缶以外の容器は、分別部に設置された判定ボック

スに投下され、瓶かペットボトルかの判別後にそれぞれの回収箱へ投下される。

分別動作・プレスの動作中は、次の容器が連続投入されないよう、投入口を電磁ロックしている。

また、容器投入後、一連の動作中メロディを流し、動作表示部に動作状態や処理個数を表示する。

4. 容器の判別

金属である缶とそれ以外の判別は金属を検出する近接センサで可能である。ペットボトルと瓶の判別については、反射率や透過率を利用するものもあるが、ラベルがついたままのビンやペットボトル、飲み残しの入ったままの状態では判別が困難となる。そこで、ペットボトルと瓶で大きく異なる硬度に着目し、いくつかの実験を行い、判別の可能性を検証した。



ペットボトル 瓶

図5 シリノイドによる容器硬度判別

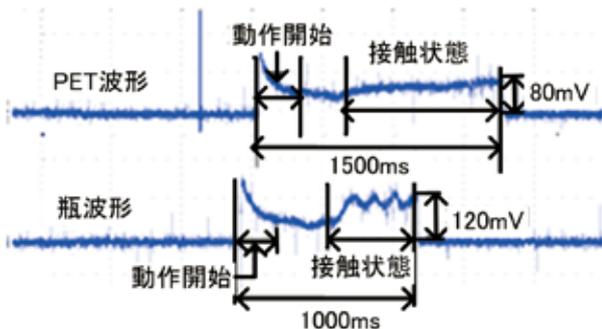


図6 シリノイドに流れる電流波形

(1)落下させた時の反射音をマイクで集音する。
 (2)圧電素子に落下させ、その衝撃度合いを検出する。

(3)アクチュエータを押し当て、硬度の違いによる負荷電流で判別する。

(1),(2)の方法は、たしかに材質の違いは生じるが、落下の条件において再現性が難しい。

(3)の方法は、どのようなアクチュエータを使用するかがポイントになるが、モータと送りねじを組み合わせたシリノイドと呼ばれるアクチュエータがあり、これを用いて簡易的に実験を行ったところ、良好な結果を得たので、各種条件を変えて検証実験を行った。

原理は、図5に示すように、シリノイドを駆動すると押し棒が伸び、それを容器に押し当てる。瓶の場合、棒が接触し押し当てても全く凹まないため、電流が一気に頭打ち状態になるが、ペット



図7 容器搬送部

ボトルは中身が十分に入ってもわずかに凹むので、瓶に比べて電流が緩やかに上昇する。その時のシリノイドに流れる電流は図6のようになる。

この電流の変化の様子をマイコンへ取り込み、傾きの違いから瓶とペットボトルを判別する。判別に要する時間は、容器の直径にもよるが、1~2秒である。

判別の精度は、対象物をそれぞれ100本投入し、瓶を瓶と判別した本数は、99本、ペットボトルの場合は95本であった。

容器は自然落下によって判別ボックスに投入されるが、その投入時の状態によって、シリノイドの判別棒が容器を押し位置が異なり誤差となる。

5. 容器搬送部

図5の判別部は、図7に示す搬送部と直結している。判別ボックスはDCギヤードモータによって180°反転するようになっており、歯付きベルトとステッピングモータにより、水平方向に移動できるようになっている。判別後の容器を缶、ペットボトル、瓶それぞれの回収箱の上方へ移動し、180°反転させ、下方の回収箱へ投下するようになっている。

6. プレス部

プレス機構は、ボールねじをモータで回転し、ナットを前後することでナットと連結されている移動口金を動かすものである(図8)。

プレス部の設計は、缶を潰す厚さの目標を5mmとした。市販のプレス機により潰した缶の厚みの平均が5mmであったためこれを参考とした。

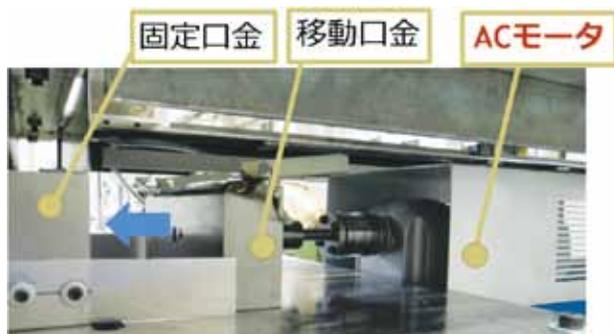


図 8 プレス部



図 10 動作表示部



(a) プレス後 (b) プレス前

図 9 プレス前後の缶 (15 本)

さらに、油圧プレスでスチール缶を 5mm まで潰す力を計測した結果、2kN の力を加える必要があるとわかった。この実験とプレス部の機構から必要なモータのトルクを算出し、減容処理を行ったところ、それぞれ 7mm まで減容することに成功した。また、減容処理を行い、缶がごみ箱に落下するまでの時間は約 5 秒であった。図 9 は、減容した缶の写真である。

減容率（（減容前容積－減容後容積）／減容前容積）は、84%である。

7. 動作表示部

動作表示部には、図 10 に示すように、投入された空き容器の本数を種類ごとに 7セグメント LED 表示される部分と、現在の状態をランプにて表示する部分、動作中のメロディを流すスピーカで構成される。

投入容器の本数は、缶を検出する近接センサの信号および瓶とペットボトルの判別部で検出した信号をカウントしている。カウント処理と 7セグメント LED の表示処理(デコード)は CPLD (Complex Programmable Logic Device)によって行っている。



図 11 装置使用状態

カウント値は、PIC (Peripheral Interface Controller) マイコンの EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) に記憶させ、本体電源再起動後も、それまでの累計処理本数を表示できるようになっている。

8. 装置外観

図 11 は装置に空き容器を投入している状態である。投入口は、小さな子供がいたずらできないような高さとした。投入口と反対側に制御盤を配置し、装置の電源スイッチや制御部はここに集約している。投入口手前に飲み残り排出部を設け、飲み残りがある場合、利用者にここに排出してもらおう。安全性に関しては、人の手が触れる部分にエッジが現れないようにし安全性に配慮した。

塗装やカッティングシートにより見た目に配慮

表 3. 装置の評価
(○:完全動作 △:一部完全動作)

評価項目	結果
缶の減容処理	○
資源ごみの判別	△
投入部の施錠	○
各種表示灯の点灯	○
メロディの出力	○
資源ごみの個数表示とカウント	○
メンテナンス性	△
防水性	△

するとともに、空き容器の処理状況が見えるようになっていく。

9. 装置の評価

装置に対する全体の評価をまとめたものを表 3 に示す。各評価項目に対し、達成したものは○印、一部達成したものは△とした。

判別については、空き容器が判別用センサ（近接センサ、シリノイド）付近の判別可能な範囲に接近しないと誤動作する可能性がある。センサ類の設置場所や容器の投下・アプローチの方法を検討する必要がある。

メンテナンス性に関しては、内部の機器を調整する際に、外装パネルを外す必要があるが、このパネルを外すのに手間がかかる。

防水性に関しては、屋外で使用することを考慮すると、不十分な個所がある。

その他、ポリテックビジョンの展示に向けて、テスト稼働していたところ、一部の部品に破損が生じた。すぐに修復はできたが、長時間の耐久性に関しては再検討しなければならない点もある。

10. おわりに

空き容器を自動分別し、缶については、プレスして減容するという装置の開発について述べた。

方法については、もっと簡便な方法、もっと高精度な方法等、本装置で実現した方法以外に各種あると考えている。

筆者ら指導教員は、学生らが初めて挑戦する内容に対し、自分で調べて実践することで学ぶ範囲が広がると考え、難易度の設定をしながら指導をしてきた。特に、開発当初の段階においては、少しでも困難な場面に出くわすと、楽な方向、もしくは自分たちの都合の良い方向へ流れていく傾向があったが、都度、ミーティングを実施し、仕様・目標の再確認をすることで、安易な仕様変更をしないようになった。

学生らは、本課題を通じて、“ものづくり”における企画・設計・製作に至る一連の作業を実践し、課題発見・分析能力及び将来のリーダーにむけたマネジメント力を習得できたと考えている。

参考文献

- [1] 岐阜県瑞穂市公式ウェブサイト
<http://www.city.mizuho.lg.jp/kankyo/gomi/p-4669.html>
- [2] アルミ缶リサイクル協会
<http://www.alumi-can.or.jp/index.html>
- [3] スチール缶リサイクル協会
<http://www.steelcan.jp/index.html>
- [4] ガラスびんリサイクル促進協議会
<http://www.glass-recycle-as.gr.jp/>
- [5] ペットボトルリサイクル推進協議会
<http://www.petbottle-rec.gr.jp/>
- [6] 日工株式会社
http://www.nikko-net.co.jp/tech/separate/pet_sort.html