

シーケンス制御実習用機器（商品選択機）の製作

Production of Teaching material used in sequence control practice

高橋 麗*1

Urara TAKAHASHI

要約 生産技術科の総合制作実習のテーマとして、シーケンス制御・機械製図・機械加工・測定・組立の要素を含んでいる「シーケンス制御実習用機器」の製作に取り組んだ内容について報告する。

1 はじめに

生産技術科2年の後半に実施するシーケンス制御実習では PLC プログラミングの基本を学んだ後、既存のシーケンス制御実習機（以下「実習機」という。）によるプログラミング練習問題に取り組む流れとなっている。実習機による課題を実施した後、より具体的な動きを制御する練習問題用実習機を作成したいと考え、総合制作実習で取り組むこととした。


学生と検討した結果、ボタンスイッチを押して商品を選択すると、対応する商品が出る機構を製作し、それらを制御するプログラム課題を作る事とした。以降、この機構を「商品選択機」と記す。

2 商品選択機の概要

2-1 商品の概要

完成した機器を生産技術科の PR としてイベントなどに出展したいと考えていたため、扱う商品は子供に配れるような『ミニ缶型ラムネ菓子』とした。表1にその概要を示す。

表1 ミニ缶型ラムネの概要

ミニ缶型ラムネ		
大きさ	直径:27[mm] 長さ:52[mm]	
重さ	16.8 [g]	

2-2 商品選択機の概要と各部名称

「商品選択機」は商品に対応した入力ボタンが押されると、横方向にテーブルが動き、横の位置が決まるとテーブル上の押し出し部分が貯蔵部の一番下の商品を押す構造とした。横方向にテーブルを動かす部分は1軸テーブル機構にすることとした。図1に各部名称を示す。

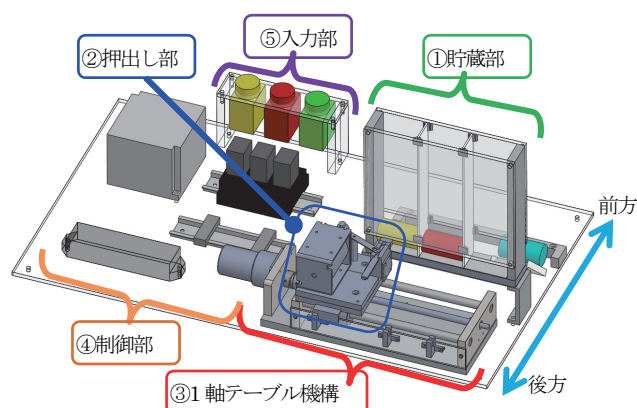


図1 商品選択機の各部名称

3 製作工程

3-1 「商品選択機」の構造と動作の決定

学生には、2年生の後半に始まる授業に先行してシーケンス制御の学習とプログラム練習問題に取り組んでもらった。その後、取り組んだ内容を基に「商品選択機」の動作とそれを使ったプログラム練習問題の内容を決定した。

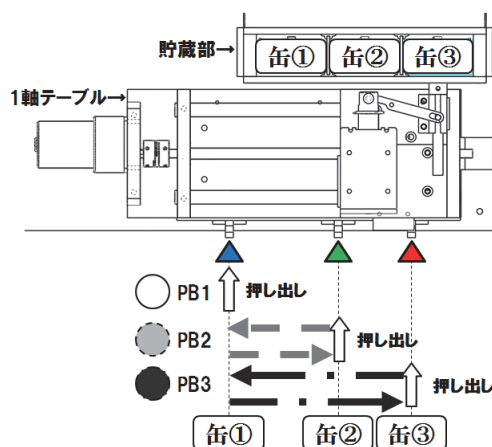


図2 「商品選択機」の動作

*1 生産技術科
 Department of Production Technology

図 2 に示すように、3 つのスイッチの入力によりモータを制御することで、横軸の商品への位置合わせをすることとした。また、プログラム練習問題を簡単にするために、押し出し部において商品を押し出す仕組みにプル型ソレノイドを使用することとした。

3-2 各部の 3DCAD によるモデリング

① 貯蔵部

貯蔵部には 3 種類の商品を 6 個ずつ貯蔵できるように、3DCAD で設計をした。(図 3)

円筒状の商品が転がり出ないようにする必要があった為、後ろ板と貯蔵部本体のベースプレートの隙間を商品の直径より小さくし、前側はストッパーをつけることとした。ストッパーはゴムを使用するタイプとバネを使用するタイプを 2 種類製作する事とした。一軸テーブルと押し出し部に合わせて、貯蔵部の上下位置を調整する必要があったため、貯蔵部下の支えと商品を滑らせる板については、全体を組み立てた時に寸法の変更ができるようにモデリングをした。

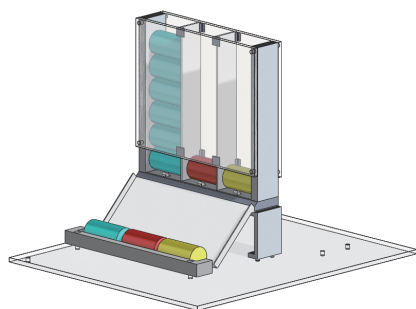


図 3 貯蔵部モデル (バネ)

② 押し出し部

貯蔵部から検証をし、横軸の移動時に干渉をせずに商品を押し出すには、25mm 以上押し出しピンが出る必要があることが分かった。

プル型ソレノイドを選択した後、てこの原理を使って押し出しピンが出る機構を考えた。(図 4、図 5)

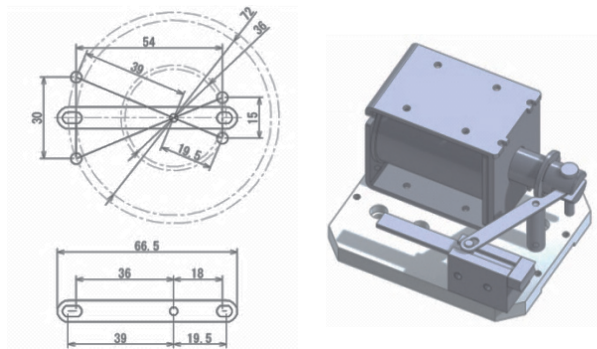


図 4 押し出し部のモデルとその機構

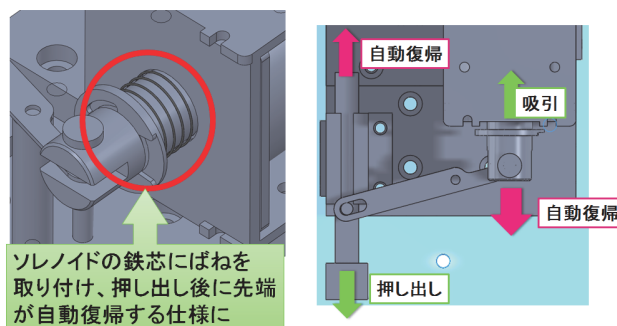


図 5 押し出しピンが出る機構

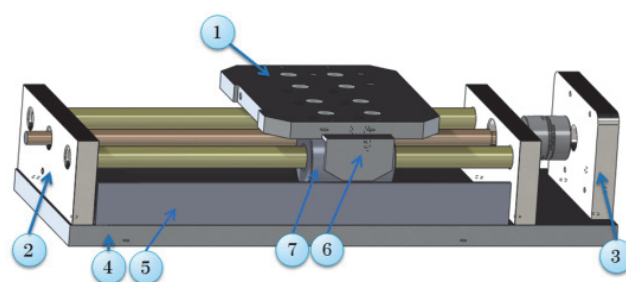
③ 1 軸テーブル機構

下表 2 に、貯蔵部と押し出し部から必要とされる仕様を示す。なお、送り速度はプログラミング練習用機器であることを考え、15[mm/s]とやや遅い値に設定する事にした。

1 軸テーブル機構は、既存品を分解・測定し、3DCAD モデルを作成した。その後、表 2 の要求が満たされるように設計変更をした。図 6 に作成した 1 軸テーブル機構の 3D モデルと各部名称を示す。

表 2 1 軸テーブル機構の仕様

項目	値
必要な横方向の移動量	114 [mm]
ワークの大きさ (ソレノイド込)	83×100×59.5[mm]
ワーク重量 (テーブル・ナット・ホルダ込)	1.1 [kg]
目標送り速度	15 [mm/s]



製作部品
①テーブル
②軸受
③モータブラケット
④ベース
⑤近接センサー固定部
⑥検出対象部
⑦ナットホルダ

図 6 1 軸テーブル機構の各部名称

3-3 部品加工

表3に各部の部品と加工方法を示す。実習機として同じものを複数台製作する予定であるため、マシニングやワイヤーカットのプログラムを作成し、再利用できるようにした。部品を分担して加工し組み立てるため、完成させるためには作業者が「確認・連絡・報告」をしながら作業をこなすは避けられなかった。完成品のプログラムや図面は再利用できるように決められた場所に保存するといったルールをチームで決め、守りながら作業した。図7に加工した1軸テーブルの部品を示す。

表3 各部の部品と加工方法

貯蔵部		
番号	名称	加工方法
1	貯蔵部側板	フライス加工
2	貯蔵部底板	フライス加工
3	前後アクリル板	レーザー加工
4	仕切り板・留具	3Dプリンタ
5	すべり部	3Dプリンタ
6	下部支え	ワイヤーカット・ボール盤
押し出し部		
番号	名称	加工方法
1	てこ	ワイヤーカット・ボール盤
2	ガイド	ワイヤーカット・ボール盤
3	支柱	ワイヤーカット
4	押し出し部	3Dプリンタ
1軸テーブル機構		
番号	名称	加工方法
1	テーブル	マシニング
2	軸受	マシニング・ワイヤーカット
3	モータブラケット	マシニング
4	ベース	マシニング
5	近接センサー固定部	レーザー加工機
6	検出対象部	ワイヤーカット・ボール盤
7	ナットホルダ	ワイヤーカット・ボール盤

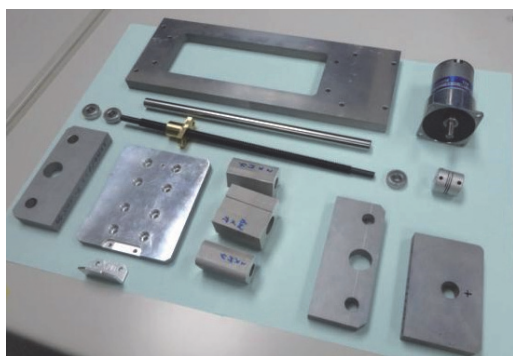


図7 加工した1軸テーブルの部品

3-4 課題プログラムの作成

実習機を用いた授業用の練習課題に取り組み、学習した内容を基に「商品選択機」を使った練習課題の制御の内容を決定した。

授業で実施する練習問題は2種類考えた。図8に1番目の課題のフローチャートを示す。

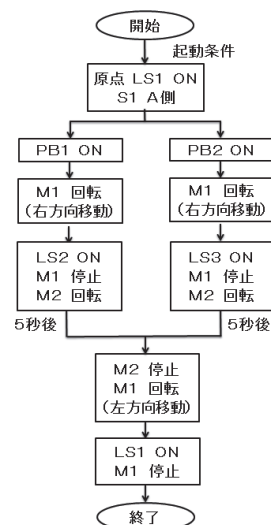


図8 課題①のフローチャート

3-5 配線とプログラムの確認

図1の④制御部を実習機で制御するため、「商品選択機」は下図9のように、実習機に接続をして課題プログラムを作成し、動作させたところ、2つの課題を実行することができた。

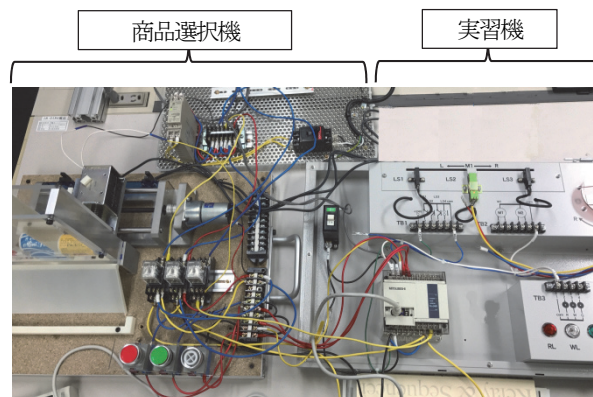


図9 実習機に接続した「商品選択機」

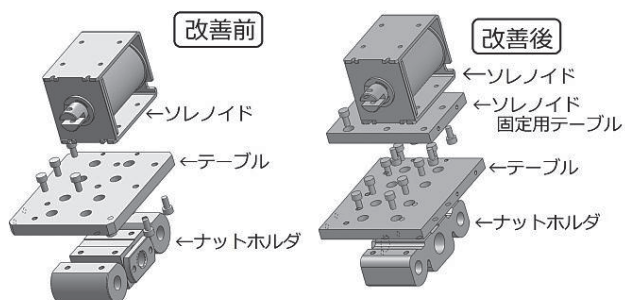
4 試作機の検証と改善

4-1 テーブルの再設計

商品選択機は1軸テーブルにソレノイドとナットホルダを取り付けるようにしていた(図10(a))。

しかし、どちらかを先に取り付けると、もう一方の部品のネジを締められないという問題が発生した。この問題を改善するため、ソレノイド固定用テーブルを追加した(図10(b))。これに伴いソレノイドの鉄芯の中心位置が変わったのでプッシュピンガイド

と貯蔵部の高さを調整した。



(a) 改善前 (b) 改善後
 図10 ソレノイドの取り付け方法の変更

4-2 制御部を設置と配置の再検討

実習機を使用して配線・プログラミングをすると、図9に示すように配線が乱雑になりわかりにくいとの指摘があった。

そこで、実習機を使用せずに制御部を新たに製作し、盤のサイズや各部の配置を再検討した。(図11参照)

これにより、図1の①1軸ステージから⑤入力部までを同じ盤にまとめる事ができ、配線がわかりやすくなった。

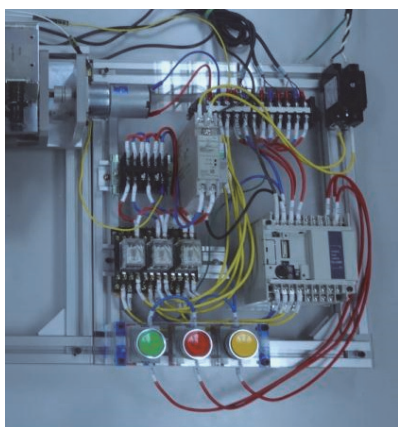


図11 製作した制御部

5 製作した自動選択機の検証と結果

イベントにおいて、1日に配布するお菓子を120個程度に決定し、連続動作させて問題がないか検証した。

貯蔵部に18個の商品を貯蔵し(図12参照)、最後まで押し出す作業を7回連続で行い、合計126個の商品を連続で押し出すことで検証することとした。

貯蔵部を2種類製作したため、検証は図12に示す1号機(ばねストッパー貯蔵部、改善前の1軸スライダ)と2号機(ゴムストッパー貯蔵部、改善後の1軸スライダ)の2台を使用した。検証結果を表4に示す。

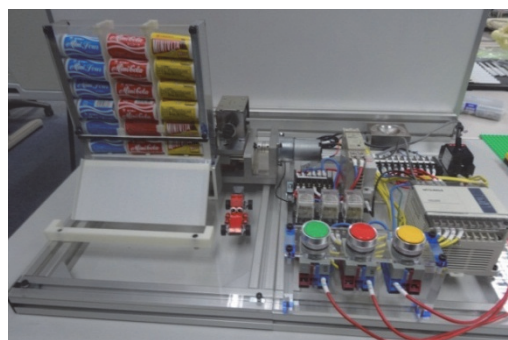


図12 動作確認をした1号機

表4 連続動作の検証結果

	1号機	2号機
成功率	$\frac{122}{126} \approx 0.968$	$\frac{124}{126} \approx 0.984$
動作時の状態	100個目以降、一軸ガイドから異音が生じる	最後まで問題なく動作

6 結果に対する考察

1号機の異音は、ナットホルダのガイドを通す穴が大きい事が原因であった。2号機のナットホルダと交換して検証したところ、異音は発生しなかった。

商品の押し出しに失敗した内容は次の2点である。

- (a) ストッパー上部と押し出しピンとの隙間が大きく、2個同時に商品が落ちる
- (b) 仕切り板の傾きによる商品の引っ掛かり

どちらも貯蔵部の構造が要因であった。ストッパーの高さを調整し、(a)の問題は解消することができた。(b)については、商品の補充の際に、仕切り板が動く事が要因と考えている。よって、仕切り板がずれないようにする方法を今後検討していきたい。

7 まとめ

製作を通じて、PLCプログラミング技術、フライス盤・NC工作機械での加工技術・技能を向上させることが出来た。特に、PLCプログラミングは、「教科書と授業の資料を基本に課題を作成すること」とした為、教科書をしっかりと復習させることができた。

また、組立性や配線のしやすさを考慮せずに各部の設計をしたため、組立て作業や動作確認の際に苦労した。この経験により、別の人が練習問題に取り組む際に、配線がしやすい構成に考え直すことができた。

参考文献

- 1) 岡本裕生、やさしいリレーとシーケンサ(改訂3版)、オーム社、2014