

PLC を活用した効果的なシーケンス制御教材の開発

塚田 純
教科領域コース

1. はじめに

現在勤務している茨城県立日立工業高等学校定時制総合学科は単位制であり、2年次より「工業系列」または「普通系列」の選択制である。近年、定時制の在籍生徒人数は県北地区の少子化などの要因により減少傾向ではあるが、様々な学校行事や学習活動及び各種資格試験などを通して、生徒一人ひとりが目的意識を持ちながら日々の学校生活を過ごしている。私の担当している「工業系列」では普通科目の他に専門科目である工業（機械系分野）の座学と実習が行われている。実習は専門高校の特徴的な科目の一つであり、手や身体を動かしながら体験的に学習できるものである。本校の3年次実習では工作機械（旋盤）、材料試験、制御の3つのテーマで編成されている。担当している制御は電気を使用して機械設備を自動で動かす制御回路の仕組みや電化製品や産業機器の自動制御に仕様されているシーケンス制御について理解する内容となっている。制御実習で使用している教材は、メカトロニクスシーケンスキットと PLC¹⁾（プログラマブルロジックコントローラ）である。教材を使用するための必須事項はシーケンス図を確認しながらの結線作業である。回路が複雑化するほど結線箇所も必然的に多くなり、結線ミスを見つけることも困難となる。また、結線したものを図式化した実態配線図を作図する際に、繋いだ箇所を追うのにも時間がかかる。電気は目に見えないためか苦手意識を持つ生徒もおり、消極的になる生徒も見受けられる。そのため実習テキストの課題を見直し精選することや配線が多い場合には色分けして作図させるなど有効な指導方法を模索しているところであった。

このような生徒に合わせて制御動作や制御回路の構造が目に見えるような教材・教具の開発と、その効果的な指導方法の研究の必要性を強く感じた。生徒にもものづくりの楽しさを体験させるためには、その内容に興味・関心を持たせなければならない。そのためのよりわかりやすい実習テキストなどが必要であり、生徒の実態に応じた教材・教具等の開発が急務であると考えた。

制御実習教材の可視化、いわゆる「見える化」が実現できれば、苦手意識から消極的になってしまった生徒にも再び「やる気」を起こさせることが可能なのではないかと考え、制御実習教材の現状を把握し、より使い勝手の良い可視化教材の研究開発を目指した。以前は、制御実習教材にエレベータを使用していたが、老朽化と内部構造が全く見えずブラックボックス化しており使用に適さなかった。本研究では、PLC を使用したシーケンス制御実習を効果的に実施するため、制御対象としてエレベータの動作を可視化したエレベータモデル教材を開発することにした。

2. 研究の内容

はじめに開発するエレベータモデル教材はどのような部品を使用し、どのように配置したらよいかなど検討し、(図1)に示すようイメージ化した。第1案はステッピングモータ内蔵リニアスライドレールによるもの、第2案としてモータを後付けするスライドレールによるものを検討

した。第1案はエレベータモデルの製作は容易であるが、メカトロニクスシーケンスキット内蔵のACシンクロナスマータが使用できず教材としての接続が難しいことにより、第2案を採用することとした。第2案は、PLCを使用し、各階のアップ・ダウンスイッチ入力と、エレベータの位置を検出するリミットスイッチ入力を受けて、ACシンクロナスマータの正・逆回転を制御し、各階にエレベータを停止させる仕組みである。各階にはアップ・ダウンスイッチと確認ランプ、エレベータの位置を検出するリミットスイッチを設置することを計画した。設計図面の作図、使用材料の発注、試作品の製作、亚克力板の穴開け・曲げ加工、各種部品取付を実施し、部品設置完了後はPLCと接続、ラダープログラムを入力し動作確認を実施する。完成後は3年次制御実習・課題研究の授業で使用することを目標とし、それに伴いエレベータモデルの実習テキストと今まで使用していたテキスト（リレーシーケンス・PLC）2冊の改善を実施することを研究内容に盛り込むこととした。



図1. エレベータモデルのイメージ

3. エレベータモデル教材の製作

3-1 設計図面の作図

エレベータモデルの設計図面は（図2）3階建の建築物を想定して作図を進めた。1階は上昇プッシュボタン・ランプ、2階は上昇・下降プッシュボタン・ランプ、3階は下降プッシュボタン・ランプの配置を計画した。エレベータモデルのサイズについては実習室の作業テーブルの寸法や教材の使いやすさを考慮し、本体ベースとして幅600mm×奥行き450mm×厚さ18mmの白色木質合板を用いることで作図を進めた。また、現物合わせにより各種部品を仮に設置し、スライドレールの動きや、リミットスイッチ5つ分の間隔、モータとガイドローラの間隔、スライドレールとリミットスイッチの間隔など動作確認をしながら部品配置の寸法を決定した。次にエレベータ各階の上昇プッシュボタンスイッチ（赤色）・下降プッシュボタンスイッチ（緑色）並びに上昇ランプ（赤色）・下降ランプ（白色）の固定方法について検討し、結線箇所などが視覚的に分かるよう亚克力板を加工した固定台を設置することにした。別途亚克力板の加工図面の作図を行い、穴開け・曲げの加工方法を検討した。端子台の配置については、モータ用端子台以外はプッシュボタンスイッチの下部に設け、左側から電源用、リミットスイッチ用、プッシュボタンスイッチ用、ランプ用の順番にそれぞれの用途毎に分けて配置することとした。

※亚克力板の配置については赤色点線を示す。
 ※亚克力板の展開図と正面図は別紙参照とする。

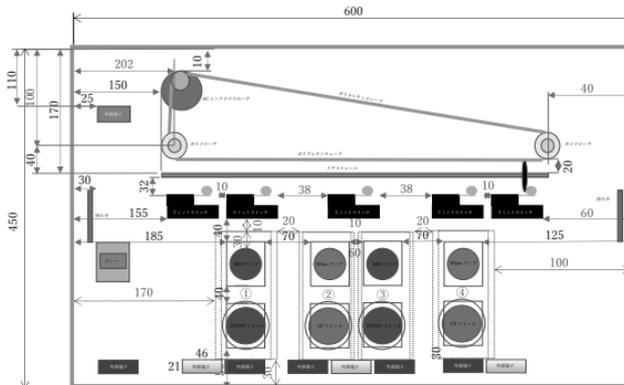


図2. エレベータモデルの設計図面

3-2 試作品の製作

エレベータモデル設計図面の作図が完成した後に、白色木質合板に設計図面の通りに下書きし、各種部品を木ねじ等を使用し固定を行なった。部品の固定の完了後に、電気機器用ビニル絶縁電線による結線を行った。実態配線図に従い、部品同士を両端に圧着端子を取り付けたケーブルにより結線した。L側（非接地側：Liveは電圧が‘生きている’という意味で使用される）は電気機器用ビニル絶縁電線（黒色），N側（接地側：Neutralは‘中立’という意味で使用される）は電気機器用ビニル絶縁電線（白色）どちらもKIV1.25 mm²を使用している。全ての結線が完了後、電線を束ねる位置に電線支持用ナイロンサドルにより固定した。試作品が完成後は実機にPLCを接続し、ラダープログラムを入力・転送により動作確認を実施した。部品の位置の微調整などを繰り返し、最終的に正常な動作が得られた。

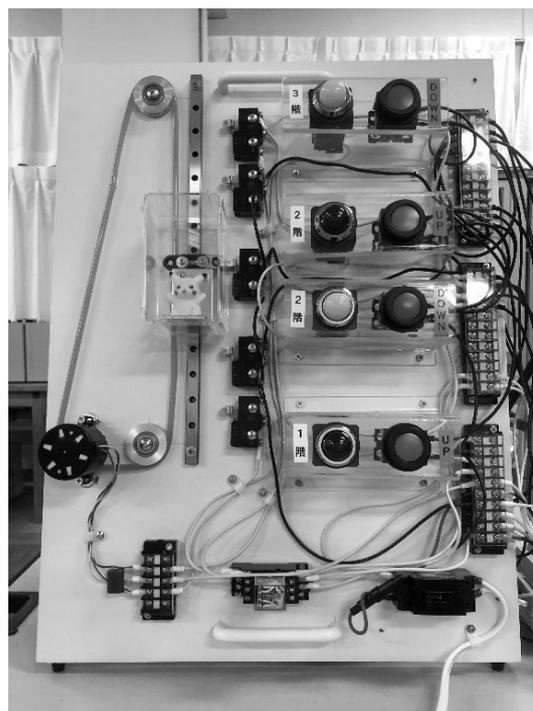


図3. エレベータモデルの完成品

3-3 エレベータモデル4台分の製作

試作品完成後は、モデル4台分を試作品とほぼ同様の工程で製作した。エレベータモデル本体（図3）完成後は試作品同様に動作確認を繰り返し実施したところ、製作した4台共に正常な動作が確認できた。完成後は勤務校に搬入し、授業で使用するための準備を進めた。

3-4 エレベータモデル用の実習テキストの作成

現在まで使用してきた実習テキストを参考に新たなテキストの作成計画を立てた。実習テキストの内容は①「コンピュータによるPLC制御」、②「使用機器」、③「エレベータモデルとPLCの接続」、④「ZENサポートソフトでプログラミングする」、⑤サポートソフトの起動、⑥ラダープログラムの入力、⑦シミュレーション、⑧プログラムの転送と実際の回路での動作確認、⑨ラダープログラムの入力と動作確認、以上9項目で編成した。

完成後に授業で使用したが、動作を説明する問いの記入に時間が掛かるなど問題点が確認できたため、要点を記入する穴埋め形式に変更し対応した。またZENサポートソフトでプログラミングする際に、入出力割付²⁾でPLCの接点番号が0からスタートしている。シーケンス図は入出力が1番から始まるが、ラダー図に変換する際に0番から始めるのは生徒にとって間違いやすくわかりづらいので、1番から割付けるようにした。

3-5 リレーシーケンス・PLCの実習テキストの改善

教科領域実習Ⅲの授業参観において、先生方からリレーシーケンス・PLC実習テキストの内容について助言を得て修正を行った。主な変更点としては自己保持回路を復帰優先形にすること

や、リミットスイッチを用いた自己保持回路³⁾に復帰優先形と動作優先形の2パターンにしたこと、インタロック回路⁴⁾を非常停止ボタン付きに改訂したことである。その他プッシュボタンスイッチの分類でメイクをメーク接点とブレークをブレイク接点⁵⁾のように専門用語等の訂正を加えるなど授業を通じて生徒の反応を見ながら検討を重ねた。

4. 研究の成果

本研究では、3年次実習（工業系列）と課題研究（普通系列・工業系列）の制御実習の授業において実践を行った。今まで使用していたメカトロニクスシーケンスキット用テキストとPLC用テキスト2冊を改善することと、エレベータモデル教材とエレベータモデル教材用テキストを新たに開発し実習で活用することが出来た。今年度の制御実習はリレーシーケンス実習を6週×2時間、エレベータモデル実習を5週×2時間で実施した。開発したエレベータモデル教材を使用した最初の授業は3年次の課題研究であった。このテーマを普通系列の生徒2名が選択しており、当日生徒1名が欠席したため生徒1名での授業となったが、テキストを確認しながら対応表を完成させ、シーケンス図をラダー図に書き換えることができるようになった。このように新たな教材を使用したことで意欲的に授業へ取り組む姿勢が見られた。また、2回目の授業では、1回目に欠席した生徒が参加したため授業の冒頭には前回の内容の復習をした。前回出席の生徒にとっては復習になり、前回欠席の生徒に助言することなどの協同作業により更に理解が深まり、2人ともラダープログラムを入力するZENサポートソフトも使いこなすことができるまでになった。エレベータモデルは配線を予め接続しているため、今まで慣れない結線に要していた時間を削減することができた。そこで削減できた時間をランプの点灯しないことなど正常な動作が確認できないなど、問題が発生した際、何処に問題があるのか自ら考え自ら学ぶ時間などに回すことができた。このようにエレベータモデル教材の活用で生徒の問題解決力を向上させることが確認できた。今回開発した実習教材や実習テキストは効果的な活用方法を探求することで、生徒の多様な能力を引き出す可能性を秘めているものと確信している。

5. まとめ

本開発教材は、定時制総合学科工業系列科目である3年次実習と課題研究において実践し、効果を検証した。今後は次年度に向けたエレベータモデル教材の効果的な活用方法を探求し、実習テキストにおいては全日制・定時制問わず生徒の実態に応じた内容に変更するなど更なる改善に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 実教出版：機械実習3 材料試験・熱処理・工作測定・内燃機関・流体機械・電気電子・シーケンス制御・総合実習 実教出版株式会社，(2023)，p.258
- 2) オムロン株式会社：プログラムリレーZENによるラダーチャート入門，(2010)，p.10
- 3) 実教出版：電力技術2 電力の利用と制御 新訂版，実教出版株式会社，(2014)，p.74-75
- 4) 実教出版：電力技術2 電力の利用と制御 新訂版，実教出版株式会社，(2014)，p.75-76
- 5) 実教出版：機械実習3 材料試験・熱処理・工作測定・内燃機関・流体機械・電気電子・シーケンス制御・総合実習 実教出版株式会社，(2023)，p.247