

ラダープログラミングによるマイコン制御 —シーケンス制御技術者のためのマイコン制御導入—

ポリテクセンター関西 電気電子系 恩田 紀雄
(関西職業能力開発促進センター)

1. はじめに

今日、私たちの身の回りの工業製品、家電・自動車などは、マイコンを搭載することで低価格化、高性能、高付加価値を得るという恩恵を受けている。しかし、それらを生み出す工場の自動制御を行う現場では、まだまだマイコンの恩恵を直接的には享受していないように思われる。

それは、現場で主流のシーケンス制御技術というものを活用している技術者が、あえてマイコン制御技術を導入しようとする、新規の技術習得や蓄積に多くの時間がかかるためである。したがって、技術者の間にマイコンを導入するためのコスト・リスクとも高いという認識がある。そのため敷居の高い技術で多くの現場での導入には至っていない。

筆者は、工場の現場にマイコン制御技術を導入することで、工業製品が受けているのと同じ恩恵を製造ラインでも直接（後述するが間接的には受けている）受けることにより、生産ラインを効率化し、製造装置のコストを削減し、製造コストをより抑えることができるのではと考えている。

今回報告する実践報告では、シーケンス制御技術者にマイコン制御技術を提案する理由を述べ、実際に能力開発セミナーとして実践しているカリキュラムを紹介する。

2. シーケンス制御からマイコン制御へ

近年、コンピュータ技術が大変な速度で発達し、安価なパソコンが普及するなか、製造現場の製造装置の自動制御を担うものは、大方がシーケンス制御技術である。

シーケンス制御技術とは、「あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を進めていく制御」を行う技術である。それを実現した古典的なリレーシーケンス制御技術は、リレーという機械接点を持つ部品を使用した制御技術で、コンピュータが生まれる以前からある技術である。これは、日本の高度経済成長期には「戦後オートメーション」と呼ばれる工場の自動化の屋台骨となって日本の高度成長を支えた技術である。今日にいたっても、簡単な自動制御を行う部分では多数用いられており、広く現場に普及した技術といえる。

しかし、このリレーシーケンス制御技術というのは、複雑な制御を行うのには向かない技術である。これはリレーシーケンス制御技術には多くの欠点があるからで、その欠点としては、

- ・スペースをとり、電力消費が大きい。
- ・複雑な制御になると配線（組み立て）に時間がかかる。
- ・動作速度が遅い。
- ・リレーの接点が磨耗により壊れる。

があげられる。これらは初期のリレー型コンピュータで問題になったことと同じ欠点である。コンピュ

ータでは、リレーが半導体に置き換わることで小型・高性能・低消費電力になり、私たちが利用できるほど低価格になった。製造現場においても同様に、今日、複雑な自動制御を行うシーケンス制御技術を担うものは、コンピュータ技術を利用したシーケンサという制御装置である。

それでは、シーケンサとは何かというと、シーケンサの中身はコンピュータ（マイコン）そのものであるが、プログラム言語がシーケンス制御の回路図（ラダー図）を用いるものである。したがってシーケンス制御技術に通じている者は、回路図を書くだけでシーケンサを利用することができ、長らく現場で培われたシーケンス制御技術をそのまま活用することができるのである。

しかし、このシーケンサにも以下のような欠点がある。

- ・シーケンサのメーカー間での回路図作成ツール／シーケンサ周辺装置等のハードウェアの互換性がない
- ・シーケンサ本体が高価
- ・メーカーが提示した使い方をユーザが行うだけで、多くの情報が非公開

昨今のパソコンの方向性（ソフトウェア／ハードウェアの高い互換性、低価格化、オープンソース）とは全く逆の方向性を持ち、ユーザにとって大きなデメリットになっている。それでも、現場でシーケンサが多く使われるのは、シーケンス制御技術のノウハウ・信頼性という点で優れるからである。

このような状況下登場したのが、川原強電子の連枝（れんり）である。これはWindowsパソコン上で動作するラダー回路作成ツールだが、一般的なシーケンサのツールとは全く異なる点がある。それは、シーケンサ本体はメーカーに依存せず、汎用品の（ワンチップ）マイコンをツールの開発ターゲットにしている点である。このワンチップマイコンとは、非常に身近な存在で、テレビ・ビデオ・洗濯機などのあらゆる電化製品に組み込まれている部品である。つまり、このワンチップマイコンを使って、ユーザ

自身がシーケンサのハードウェアを自作することができるのである。このメリットを以下にあげると、

- ・ワンチップマイコンを使用するため安価（単価は数百円程度から）。
- ・小型・低消費電力なので、実装スペースが限られたところに入れることができる。
- ・ワンチップマイコンのプログラム開発のための言語が種々存在するので、開発ツールにあまり縛られない。

があげられる。つまり、製造現場の制御装置にかかるコストを大幅に削減することができ、そこから作り出される製品のコストダウン・企業収益の向上につながるのではないかと考えられる。

3. 能力開発セミナーのカリキュラム

次に、能力開発セミナー「ラダープログラミングによるマイコン制御」について説明する。カリキュラムを表1に示す。

当カリキュラムのねらいは、マイコン開発言語にラダー図を用いることで、シーケンス制御技術者が制御装置の自社開発を行うことである。

訓練目標は、ラダー図によりワンチップマイコンをプログラムし、シーケンサとして活用する技法、および機器設計に必要な回路技術を習得することである。特に、ワンチップマイコンを利用したコスト削減には、自らワンチップマイコン回路を設計することが重要であり、当カリキュラムではそのポイントの説明も含む。

次に、順を追ってカリキュラムについて説明する。

3.1 シーケンサとマイコン

ここでは、先に述べたシーケンサとマイコンの関係について説明を行い、一般的なシーケンサの内部構造について解説する。

3.2 基礎知識

ここでは、ワンチップマイコンの一般的な概念と、

表1 カリキュラム

教科の細目	内 容
1. シーケンサとマイコン	(1) シーケンス制御とシーケンサ (2) シーケンサにおけるマイコンの働き
2. 基礎知識	(1) ワンチップマイコンのアーキテクチャと動作 (2) ワンチップマイコンの電気的特性
3. ワンチップマイコン回路設計	(1) マイコンの動作に必要な回路 (2) ワンチップマイコンの周辺回路 イ. 電源回路 ロ. クロック回路 ハ. リセット回路 ニ. 入出力回路 ホ. 入出力の絶縁回路 ヘ. AC100V/DC24V用負荷駆動回路 (3) ワンチップマイコンプログラム書き込み イ. インサーキットプログラミング回路 ロ. プログラム書き込み器回路
4. 回路製作	(1) ワンチップマイコンによるシーケンサの製作 (2) 安全衛生
5. プログラム実習	(1) ラダー図によるワンチップマイコンのプログラム手法 (2) ラダー図のデバイス表記と入出力割当てについて (3) ラダー基本命令によるプログラム イ. 入出力(接点とリレーコイル) ロ. 外部出力のないリレー(内部リレー) ハ. タイマ ニ. カウンタ ホ. 関数の利用 (SET, RST, MC, MCR, PLS, PLF)
6. 応用課題	(1) 信号機の制御 (2) シリンダの制御 (3) ベルトコンベアによる運搬装置制御

今回使用するワンチップマイコンPICの特徴を説明する。

3.3 ワンチップマイコン回路設計

ここでは、ワンチップマイコンを使用した制御装置を設計するのに必要な回路知識（電源・クロック・リセット・入出力回路）について説明する。さらに、ワンチップマイコンを使用するうえで不可欠なプログラム書き込みについても説明する。本稿でも、筆者が実施しているPICマイコン関連の講座で特徴的なものなので解説する。

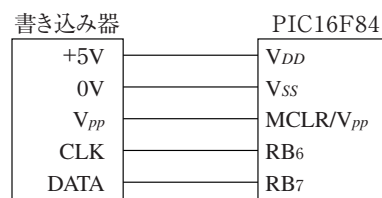


図1 PICと書き込み器との接続

(1) プログラム書き込み器

PICへのプログラム書き込みは、図1に示すDATA (RB7)、CLOCK (RB6)、VPP、VDD、GNDの5本の信号線を使いシリアルデータ転送で行う。VPPはリセット端子で、+13.5Vの電圧を印加することで書き込みモードに切り替わり、書き込み用の電源を供給する。VDDは通常の電源で、+5Vを供給する。

書き込み装置からこの5本の配線を引き出し、基板に実装されたPICに接続すればイン・システム・プログラミング (ISP) と呼ばれる書き込みが可能になり、書き込みのたびにPICを基板から取り外す必要がなくなる。これを実現するには設計上DATA、CLOCK、VPPの各端子が入出力回路と衝突しないように注意する必要がある。

筆者の実施しているPICマイコン関連の講座では、すべてこの方式を採用し、プログラム時に手間となるマイコンの基板からの挿抜作業をなくしている。

3.4 回路製作

ここでは、ワンチップマイコンPICを搭載したシーケンサの製作を行う。このシーケンサの仕様を表2に、外観を図2に、回路図を図3に示す。

このシーケンサは、表2に示すように入出力を合計13点有する。入力フォトカプラ絶縁され、出力は非絶縁のトランジスタ出力になっている。プログラムは、先に述べたISPコネクタを有し、マイコンを基板に実装したまま書き込みを行うことができる。

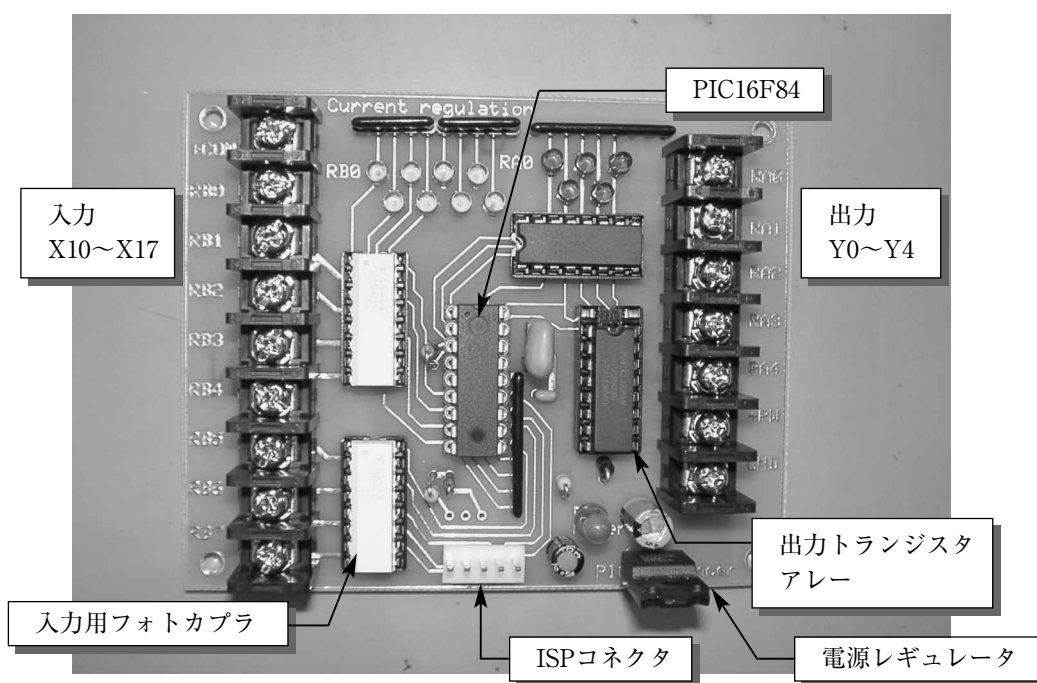


図 2 PICシーケンサの外観

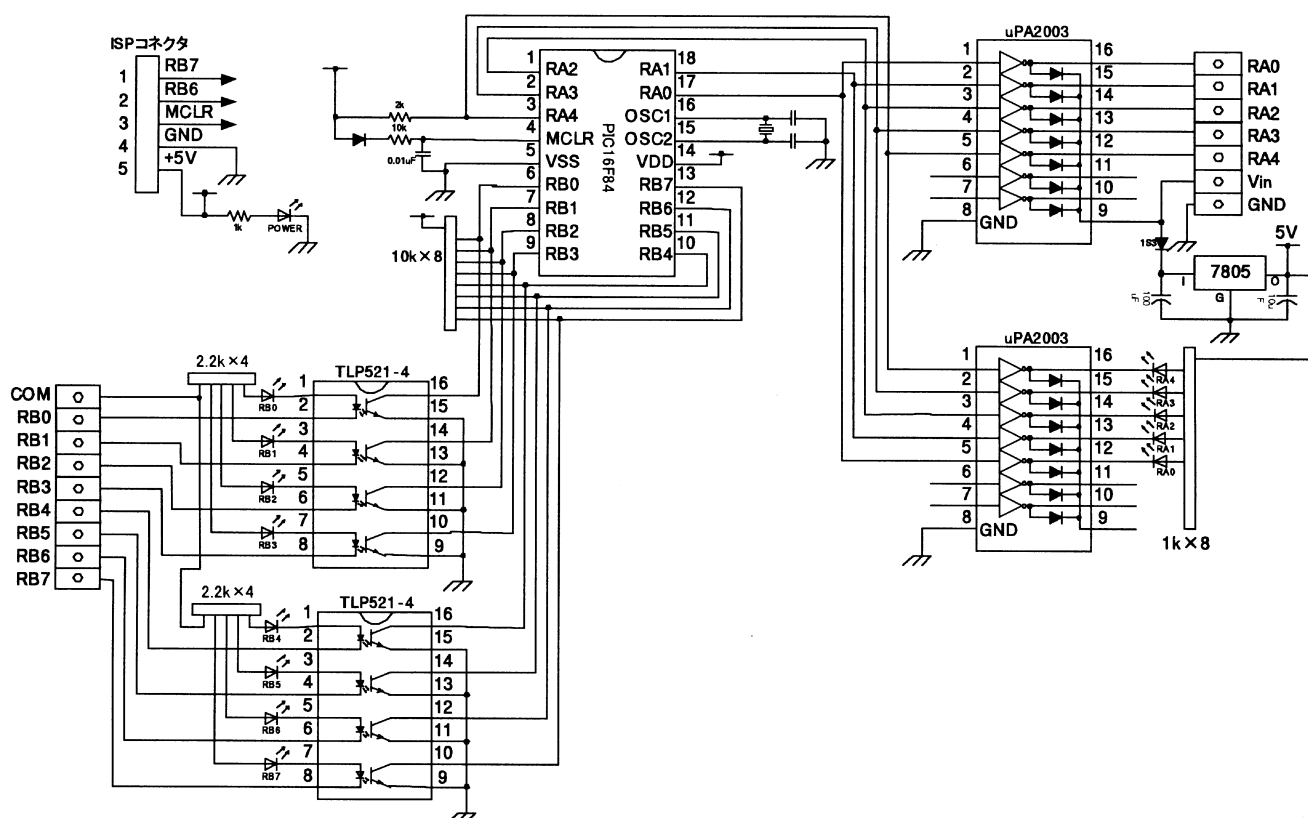


図 3 PICシーケンサの回路図

表 2 PICシーケンサの仕様

使用CPU	PIC16F84
入 力	・ フォトカプラ絶縁入力 8点 (X10～X17) ・ 入力電流16mA ・ 負論理入力
出 力	・ 非絶縁出力 5点 (Y0～Y4) ・ オープンコレクタ・トランジスタ出力 ・ 合計300mA, 耐圧60V (Y4は、リセット時と電源投入時に一瞬ONになる)
電源電圧	DC7V～24V

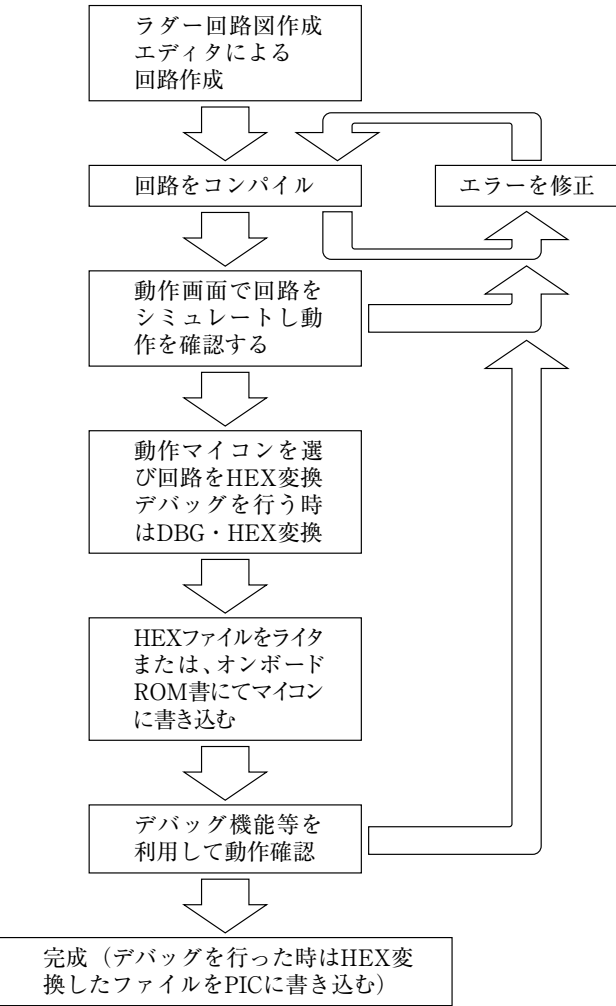


図 4 連枝を使用したプログラム開発手順

3.5 プログラム実習

ここでは、連枝を使用したラダー基本命令によるラダープログラム作成と、シーケンサへのプログラム書き込み方法を説明し、各種ラダー基本命令の使用法を解説している。

図 4 に連枝を使用したプログラム開発手順を示す。プログラム開発手順は、初めにラダー回路を連枝の設計画面（図 5）で作成する。回路作成後、回路をコンパイルし、動作画面（シミュレータ）（図 6）で回路の動作を検証し、回路に問題があれば設計画面に戻り修正を行う。

次に、PICシーケンサへプログラムの書き込みを行う。連枝は種々のマイコンに対応しているので、設定画面からPICシーケンサで使用しているマイコン（PIC16F84）を選択する。さらに、PICに書き込

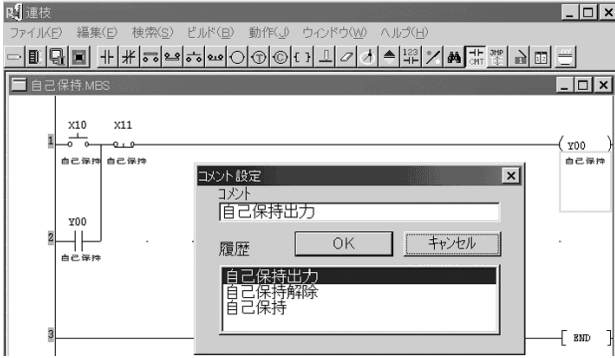


図 5 連枝の設計画面

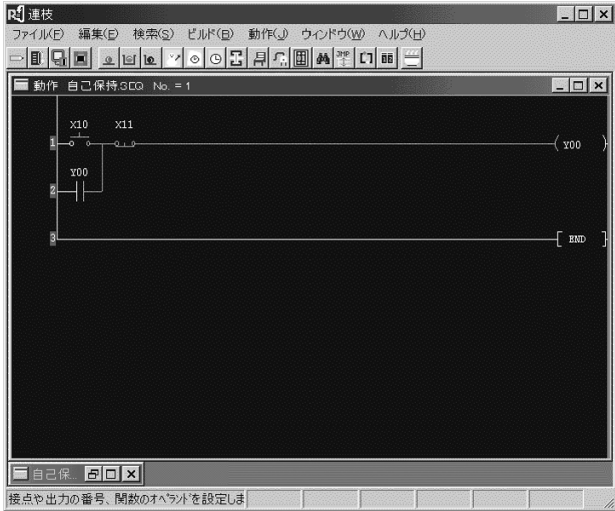


図 6 連枝の動作画面

む機械語（HEX）ファイルを作成しPICライターでプログラムの書き込みを行う。また、連枝はハードウェアデバッガを利用した実機でのラダー回路の動作検証も可能で、この機能を使用するときはデバッガ（動作検証装置）用の機械語（DBG・HEX）ファイルを作成し、デバッガにプログラムを書き込む。

3.6 応用課題

ここでは、プログラム実習で習得したラダー基本命令を応用して、「信号機」、「シリンダ」、「ベルトコンベアによる運搬装置」の制御を行う課題を実施している。図7にベルトコンベアによる運搬装置の概略図を、図8に外観図を示す。

また、実習では使用しなかったが、空気圧制御自動機の制御回路への搭載例を図9に示す。

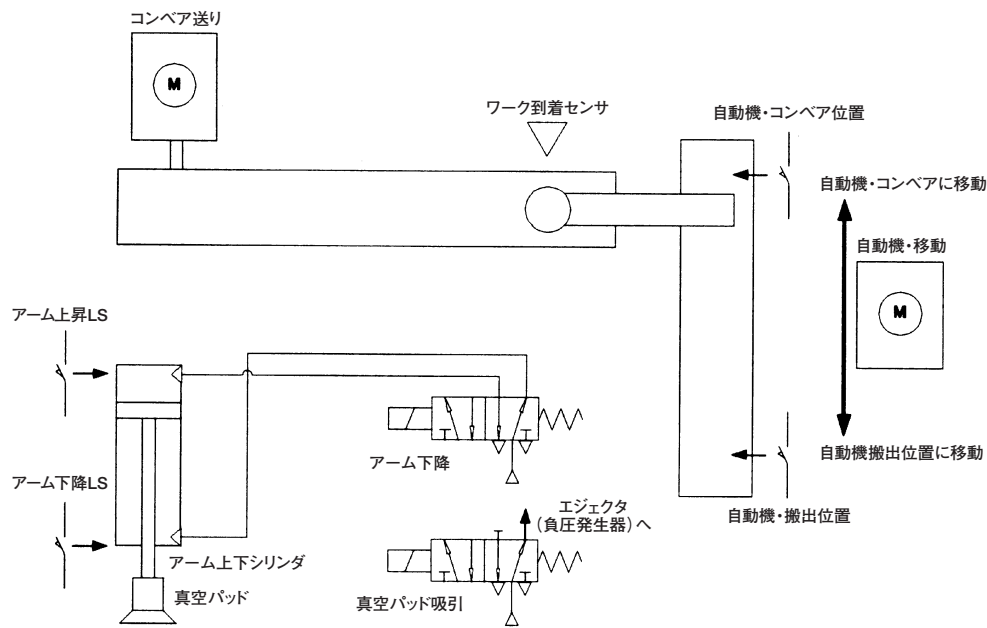


図7 自動搬送装置の概略図

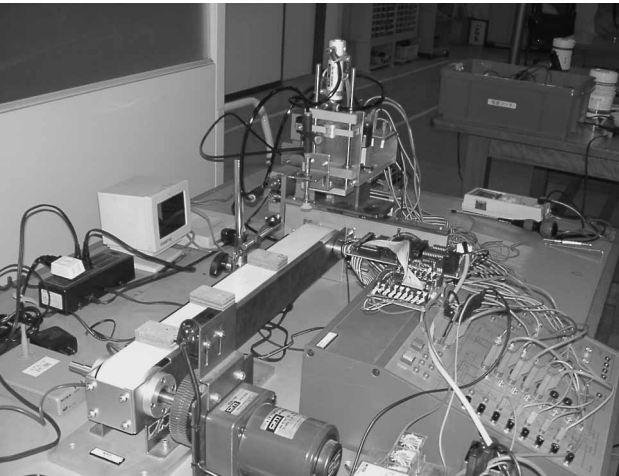


図8 自動搬送装置の外観図

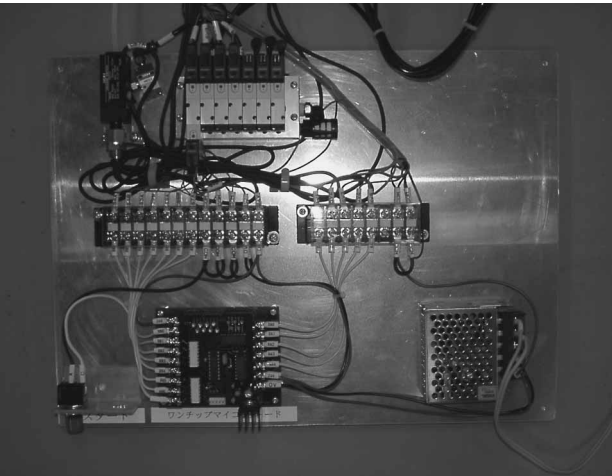


図9 空気圧制御自動機の制御回路への搭載

4. 能力開発セミナーの実施結果

平成13年度、当カリキュラムにて能力開発セミナーをポリテクセンター宮城において2度実施し、その結果12名の受講があった。

PICシーケンサの組み立ては、専用基板のため“はんだ付け”初心者でも問題なく完成した。

プログラム実習では、受講者の大半がシーケンサ経験者ということもあってスムーズに進むことができた。

問題点としては、プログラム実習で受講者が、こちらが想定していないようなラダー図を作成した際にツールのバグが発見されることがあった。この問題は現在修正されている。また、PICシーケンサを実習で使用して気づいた点で、ISPケーブルがリレー開閉時に発するノイズを拾ってしまい、PICにリセットがかかってしまうことがあった。原因究明の結果、ISPケーブルに配線されたリセット信号が、ノイズを拾うアンテナの働きをしていたことがわかった。したがってこの問題は、負荷装置を動作させる際にISPケーブルを外すことで対処することができた。

5. おわりに

本稿で紹介した「ラダープログラミングによるマイコン制御」では、マイコンを利用すれば安価にシーケンサと同じ自動制御をすることができることを示した。

しかし、受講者からコストより開発期間の短さ・使い勝手を重視したとき、市販のシーケンサのほうが勝り、PICシーケンサには置き換わらないであろうという意見があった。したがって、マイコンが市販のシーケンサに置き換わるには、市販のシーケンサと同じものではなく、マイコンにしかできない機能を実現し提案する必要があると感じた。シーケンサと同じラダープログラミングという方式には限界

があり、マイコンすべての機能の活用・新たな機能の追加・柔軟なプログラムを行うことができない。したがって、シーケンス制御という考え方を廃して、他のマイコンプログラム言語を取り入れるほうがよいと考えられる。

今後、PICマイコンシーケンサを切り口にして、製造現場へのマイコン制御技術の導入を勧めていきたいと思う。また、よりマイコンの機能を活用できるプログラム言語の利用も模索し提案していきたい。このような取り組みにより、マイコン制御技術のすそ野が広がり、今まで現場になかった全く新しい製造装置を生み出すことができるものと考えられる。そのためにも今後、事例報告・体系的なコース開発を行いたいと思う。

<参考文献・インターネットURL>

- 1) 「特集ワンチップ・マイコン実践入門」,『トランジスタ技術』,CQ出版,1999.5.
- 2) 「PICマイコン活用ハンドブック」,『トランジスタ技術』増刊,CQ出版.
- 3) ワンチップPLC開発環境「連枝」
<http://web.parknet.co.jp/renri/>

