

# 若手技術者育成型シーケンス制御教育システムの開発

西川弘太郎\*

## Development of a Sequence Control Education System Designed for Young Engineers' Training

Kotaro NISHIKAWA\*

The purpose of this study is to develop the sequence system for engineer's training in the condition that simulated the practical work using a programmable controller. The shift from the former sequence control experiments by step program method to sequence control experiments by programmable controller corresponded to the ladder method, made practical and complicated sequence control possible. This year, we began to apply this sequence control training to electronics and control engineering experiment II. By this system, students can learn easily from the basics to the advanced. In this paper, I report about the construction of sequence control training system, including an improvement of the current experimental devices and the application of sequence control experimental devices donated by Omron, in the view of young engineers' training according to the latest sequence control techniques. I owe this to the Omron Control Techniques Seminar I attended in 2009.

**Key words** : sequence control, programmable controller, training

### 1. 緒 言

現在、企業では“団塊世代”と呼ばれる人々が一斉に定年退職される時期を迎え、特に産業界では若手技術者の技術力向上のための教育が急務<sup>1)</sup>とされており、新人に対しては即戦力が求められている。また、世の中の産業製品や生産現場ではシーケンス制御が使われており、企業では設計職、生産職問わず技術者はシーケンス制御技術の習得が必要である。現在最新のシーケンス制御の形態は、工数削減や複雑で高度な制御に対応するため、有接点リレーやタイマ等を用いたリレーシーケンス制御からコンピュータでシーケンスプログラムを作成し、制御を実行するプログラマブルコントローラ（PLC；内蔵のコンピュータで演算処理をしながら要求する動きを実現する）を用いた制御へ変わりつつある<sup>2)</sup>。その様な中で最新のシーケンス制御技術を習得する上での教育システムとしては、将来若手技術者となる学生が対象の実務を模擬した教育システムはないのが現状である。

国立高等専門学校機構に対して、（株）オムロン

から寄付金事業により校内各 4 学科にシーケンス制御実験装置が寄贈されている。寄贈されたシーケンス制御実験装置を有効に活用するために、毎年、（株）オムロン制御技術セミナー研修が（株）オムロン主催で開催され、各高専より教職員が受講している。本稿では、筆者が平成 21 年度（株）オムロン制御技術セミナー研修を受講し、得られた技術・知識を基に、学生が本校を卒業し社会で活躍する若手技術者となるように、PLC に特化した最新のシーケンス制御技術を使ったシーケンス制御教育システムの構築・現行の実験装置の改良について報告する。

### 2. ㈱オムロン製シーケンス制御実験装置



Fig.1 Programmable controller (Omron CP1L)

原稿受付 平成 22 年 8 月 31 日

\*教育研究支援センター



Fig.2 Experiment device of Omron

(株) オムロンより寄贈された、シーケンス制御実験装置は、PLC、コンベア機材実験装置、パーツボックス（リレー、リミットスイッチ、近接センサ、タイマ、カウンタ等）で構成され、実験装置一式で有接点および無接点のシーケンス制御実験が可能である。シーケンスプログラムは専用ソフト（株）オムロン CX-Programmer）を使用し PLC とオンライン接続されたコンピュータによって作成し転送する。シーケンス制御の様子は、リアルタイムにコンピュータの画面で確認することが出来る。（株）オムロンから寄贈された PLC およびコンベア機材実験装置を Fig.1, 2（写真提供：（株）オムロン）に示す。

## 2.1 ラダー方式の重要性

シーケンス制御の方式には、ステッププログラム方式、SFC 方式（シーケンシャルファンクションチャート）<sup>3)</sup>ならびに、ラダー方式がある。ステッププログラム方式は制御のステップ毎に命令語をキー入力する必要があるため、ステップ数が多くなると時間を要す。SFC 方式はフローチャート方式とも呼ばれ、シーケンス制御の流れが整然と表現できる特徴があり IEC で規格化がされたところであるが、周辺ソフト等の整備が必要になることから今のところあまり普及していない。ラダー方式は、回路図をラダーシンボルに置き換えて図式化する方法で、回路図をそのままラダーシンボルに置き換えるだけであるため、比較的誰でも理解し易いことから現在、企業で最も多く使用されている。したがって、学生はラダー方式を用いたシーケンス制御技術を習得する必要がある。なお、寄贈された（株）オムロンの PLC はラダー方式に対応した仕様となっている。

## 2.2 実験装置の現状と問題点

筆者は電子制御工学実験Ⅱにおいて、プログラマブルコントローラと位置決め制御のシーケンス制御に関するテーマを担当している。その実験装置をそれぞれ Fig.3, 4 に示す。現行の PLC は、プログラムとコントローラで構成されている。実験の手順としては、シーケンスプログラムをステップ毎にコントローラで手入力し作成する。その次に、マイメモリへプログラムを書き込み、マイメモリをコントローラへセットしシーケンスプログラムを実行するため、手間がかかる。シーケンスプログラムの入力および修正作業においても時間を要する。また、現行の PLC は仕様上、最大入力可能ステップ数が 48 ステップであるため、複雑なシーケンス制御に不向きである。シーケンス制御実行中においても、ステップ番号のみがコントローラの 7 セグメントディスプレイに表示されるのみであるため、シーケンス制御の詳細が分かりにくい。この様に、現在ではあまり使用されていないステッププログラム方式の PLC にてプログラムを作成し比較的簡単なシーケンス制御実験を行っている。しかし、企業ではコンピュータと専用ソフトを使用し、シーケンスプログラムはラダー方式で作成されるのが一般的である。したがって、現行の実験のままでは実務と大きく異なるために実践的なシーケンス制御技術の習得が難しいものと考えられる。

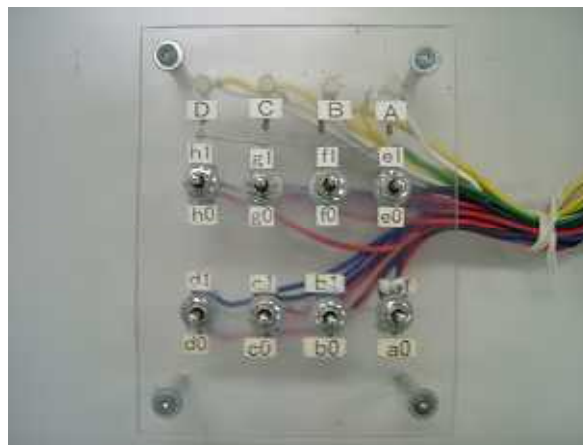


Fig.3 Controlled object (LED)

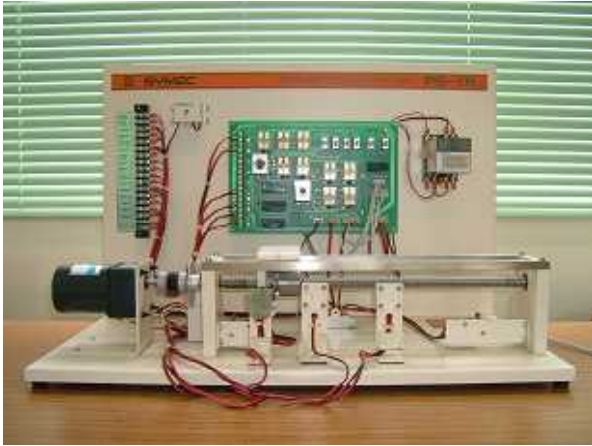


Fig.4 Controlled object (Position control system)

### 2.3 プログラマブルコントローラ

本テーマにおける制御対象はLED である。トグルスイッチの入力信号に対し、LED が点灯するシーケンスプログラムを作成し、動作を確認する内容である。しかし実際には、トグルスイッチの入力信号でLED のみをシーケンス制御する場合は少なく、押しボタンスイッチと赤、緑、黄色といったランプ類が制御盤に設置され、各アクチュエータが複雑に制御される。さらに、トグルスイッチは押しボタンスイッチの様に自動復帰しないため、シーケンス制御の基本である自己保持回路やa接点およびb接点の使い分けへの理解が難しい<sup>4)</sup>。

### 2.4 位置決め制御

本テーマの制御対象は、位置決め制御実験装置 (Fig. 4) である。付属の各種センサ (P1:フォトインタラプタ, P2:リードスイッチ, P3:ホール素子) の入力信号に対し、モータの回転運動によってボールねじ上を直線運動する移動ベンチの位置制御を行う。移動ベンチの運転モードを Fig. 5 に示す。P1～P3 はセンサの位置を表し、ハッチング部は一時停止として2秒のタイマを設けている。この運転モードを実現するシーケンスプログラムをステッププログラム方式で作成すると12ステップとなる。

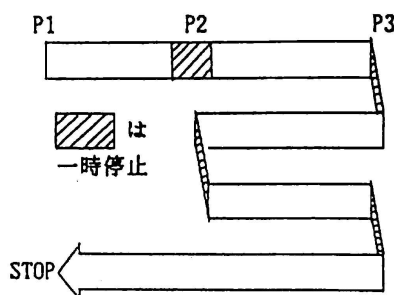


Fig.5 Mode of operation

## 3. 実験装置の改良

この実験で、現行の実験装置を活かしつつ、現在主流のPLC を用いた最新システムへ変更する。現行の実験で使用しているステッププログラム方式のPLC からラダー方式のPLC (Fig. 1: (株) オムロン CP1L, 5000ステップまで対応可能)へ変更する。これにより、企業のようにコンピュータを使用しシーケンスプログラムがラダー方式で設計可能になる。また、プログラムの確認や修正も容易でシミュレーションもコンピュータ上で可能 (Fig. 6) であり、ステッププログラム方式では困難だった比較的複雑なシーケンス制御へも対応出来るようになる。そこで、それに応じた演習も取り入れ、学生には複雑なシーケンス制御に慣れてもらう。PLCを用いたシーケンス制御実験では、シーケンスプログラムの割付に加え、センサ等からPLCへの入力配線やPLCから制御対象への出力配線も必要になるため、電気回路の理解もより深まる。

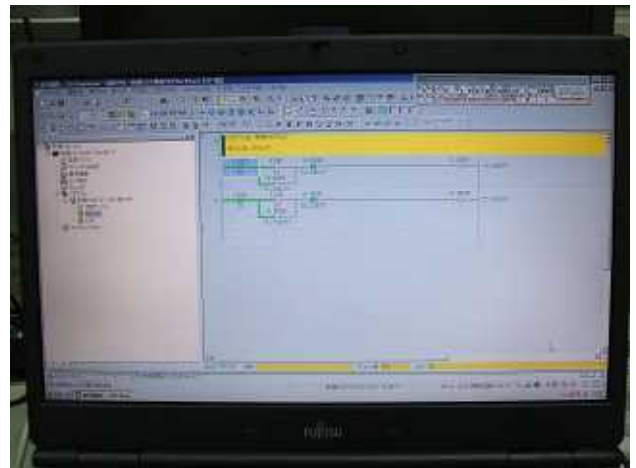


Fig.6 CX-Programmer

### 3.1 プログラマブルコントローラ

制御対象に関しては、LED+トグルスイッチに代わるものとして、(株) オムロンのコンベア機材実験装置 (Fig. 2) を使用する。本体には押しボタンスイッチとランプが付属しているので、それらを制御する。また、コンベア装置本体にはその名の通り、ベルトコンベアが装備されているので、付属の各種センサ類やランプ類と組み合わせて複雑なシーケンス制御を行う。このベルトコンベアは標準で右送り (正転) のみしか出来ない仕様であるため、本体内部にリレー ( (株) オムロン MY2N DC24) を設置し、ベルトコンベアを左送り (逆転) にも出来るように改造を実施した<sup>5)</sup>。これにより、コンベア装置の拡張性



が向上した。

### 3.2 位置決め制御

位置決め制御に関しては、工場の生産ライン等、実務でも行う制御である。また、実務ではどのような制御対象においても所望の制御を実現することが求められる。したがって、制御対象は現行の位置決め制御実験装置を使用する。しかしながら、位置決め制御実験装置の出力がノーモルクローズであることや出力電圧が不安定なことから、(株)オムロンのPLCでそのまま制御することが出来ない。そこで、7CHシンクドライバIC(TD62003APG)を用いてインターフェース回路を製作した。新たな位置決め制御実験装置の外観をFig. 7へ、インターフェース回路をFig. 8に示す。これにより、(株)オムロンのPLCを位置決め制御実験装置へ接続して制御出来るようになった。学生実験はシーケンスプログラムをラダー方式にて作成しシーケンス制御を行い、ステッププログラム方式と同様の運転モード(Fig. 5)を実現し、ラダー方式に慣れてもらう。この運転モードを実現するシーケンスプログラムをラダー方式で作成すると8ステップで実現できる。ラダー方式によるプログラムはシンプルで比較的理解しやすい。プログラム例をFig. 9に示す。

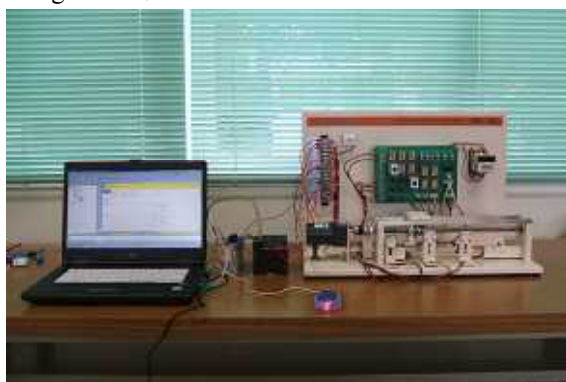


Fig. 7 New position control system

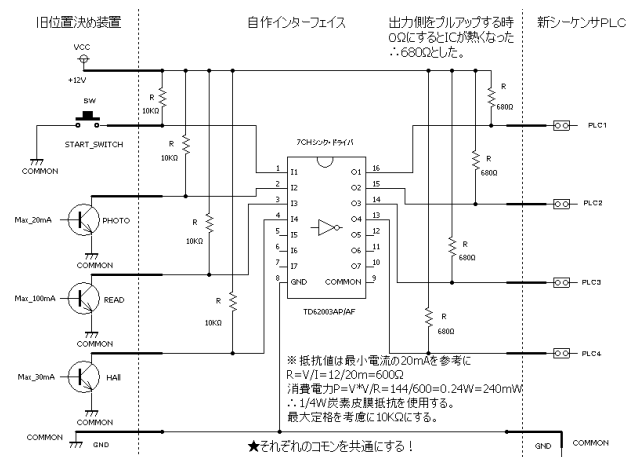


Fig. 8 Interface circuit

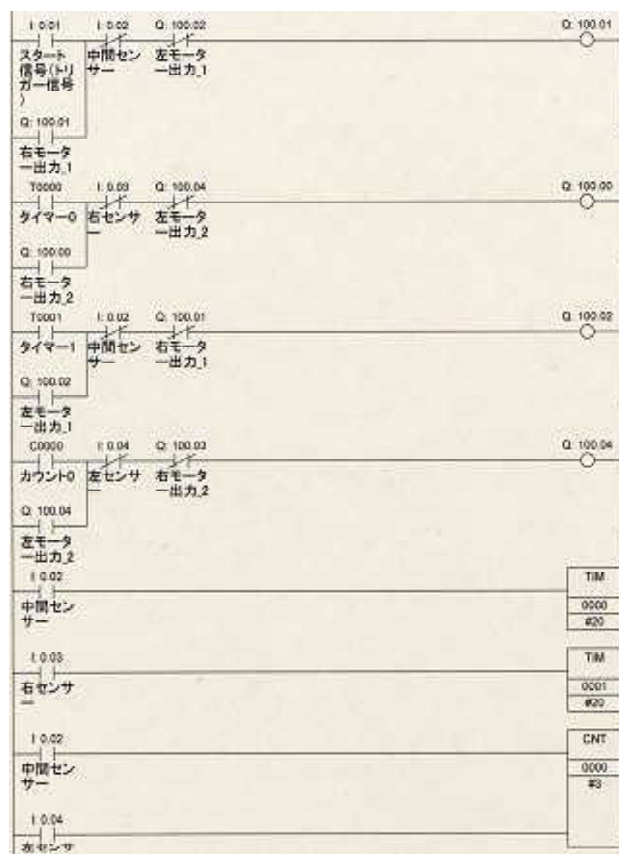


Fig. 9 Example sequence program by ladder method

### 3.3 基本から発展までの演習を導入

若手技術者に必要なシーケンス制御技術を習得するために、基本から応用、そして発展までの実務的な実験内容へ変更した<sup>6)</sup>。プログラブルコントローラのテーマにおいて、学生は電子制御工学実験ⅠのICによる無接点シーケンス制御の経験があるので、まず基本編として電子制御工学実験Ⅰで実施した、自己保持回路、インターロック回路について復習させる。そして並列優先回路、新入力優先回路、直列優先回路のシーケンスプログラムを構築させ、ラダー方式を習得させる。シーケンスプログラムはコンピュータ画面に表示され、導通ラインは緑色で表示されるため、シーケンス制御を苦手としていた学生に対しても視覚的にシーケンス制御の理解を深めることが出来る。

次に実務的な応用編として、エスカレータ、駐車場表示板、エレベータ、工場の生産ライン、信号機等の演習を導入した。駐車場表示板の演習例をFig. 10に示す。位置決め制御のテーマにおいても、生産ラインを模した複雑な位置決め制御を行い、同様に即戦力を養う。それに加え、a接点およびb接点の使い分けの方法やシーケンスプログラムを構築する際に誤作動を防止するための実務的なノウハウの解説も含めた。

さらに発展編では、学生がこれまでに習得した知識を駆使して、オリジナルな制御システムを考案し、実現させることでシーケンス制御技術をさらにアップさせる。

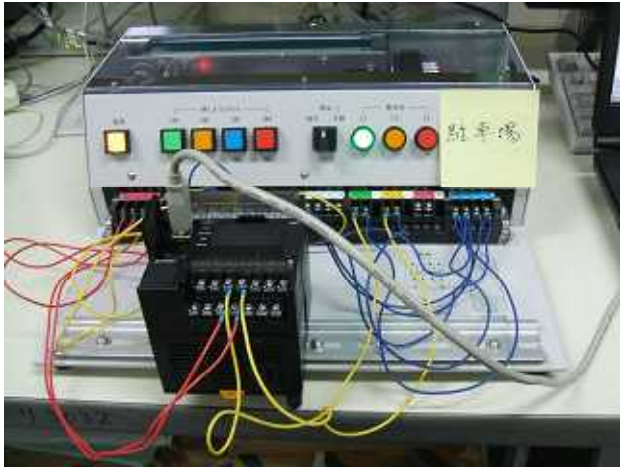


Fig.10 Application experiment of sequence control

#### 4. 考 察

制御部をステッププログラム方式のPLCから現在主流のコンピュータを使用するラダー方式のPLCへ変更し、押しボタンスイッチ、ランプ、そして各種センサ類を制御対象として、現行の実験装置を活かしつつ実務に近いシーケンス制御を実験で行うことで、電子制御工学実験Ⅰとの関連性の向上にも繋がる。これにより、学生の理解もより深まり、社会で活躍する即戦力を養うことができるものと考えられる。

#### 5. 結 言

本稿では若手技術者育成を目的として現行のシーケンス制御実験を改良し、シーケンス制御教育システムの開発を行い、平成22年度電子制御工学実験Ⅱへ適用を開始した。今後の展開は、より良い教育システムとするために制御対象の拡充を図り、報告する予定である。

#### 謝 辞

本研究は、平成21年度校長裁量経費（プロジェクト経費）の援助を受けた。本システムの構築にあたり、制御実験導入検討WG、電子制御工学科ならびに教育研究支援センターの教職員の皆様に大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 川崎重工業株式会社技術開発本部：生産技術分野における当社の展開，川崎重工技報，生産技術特集号，164（2007），2-5
- 2) 三菱電機FAテクニカルセンター：三菱マイクロシーケンスリレーシーケンスで学ぶ 新よくわかるシーケンサ リレーラダー編，三菱電機株式会社（1997）14-15
- 3) 山崎靖夫・郷富夫：絵ときでわかる シーケンス制御，オーム社，（2004）159-167
- 4) 大浜庄司：図解 シーケンス制御の考え方・読み方，東京電機大学出版局，（2002）20-23,82-92
- 5) オムロン株式会社セミナー教育課：ベーシックFA，OMRON Corporation，（2009）123-125
- 6) オムロン株式会社カスタマーサポートセンタ：ベーシックFA（PLC基礎編），OMRON Corporation，（2009）30-33