

制 御 工 学 実 験 報 告 書

実験テーマ：(4) PLC によるシーケンス制御

実験日 : 令和 年 月 日
月 日

共同実験者 : 3 番 蘆田 修平
1 1 番 岡本 陵平
1 9 番 近藤 慧始
3 6 番 宮武 駿

提出日	:	令和	年	月	日
再提出日	:	令和	年	月	日
再々提出日	:	令和	年	月	日

提出日	:	令和	年	月	日
再提出日	:	令和	年	月	日
再々提出日	:	令和	年	月	日

提出日	:	令和	年	月	日
再提出日	:	令和	年	月	日
再々提出日	:	令和	年	月	日

提出日	:	令和	年	月	日
再提出日	:	令和	年	月	日
再々提出日	:	令和	年	月	日

5 S 2 8 番
氏名 : 野口 史遠

5 S 2 8 番
氏名 : 野口 史遠

This image shows a completely blank white rectangular area, which appears to be a page from a document or book. The page is surrounded by a thick, solid black border. In the top right corner, outside the white area but within the black frame, there are some faint, partially visible Japanese characters, likely part of a header or page number.

(4) PLC によるシーケンス制御

1 シーケンス制御の基礎実習

1.1 実験目的

シーケンス制御とは、あらかじめ決められた順序または手続きに沿って制御の各段階を逐次進めていく制御方法のことで、例えば炊飯器の制御が該当する。炊飯器の場合は、予約設定から炊き上がりおよび時間を予約設定を行うまでの流れがあらかじめ決められており、一方向にしか制御は進まない。

ひとつの作業を終了することで、次の作業に移ることから、そのような制御方法を順序制御と呼ぶ。他に、時間によって作業を切り替える時間制御、あらかじめ決められた作業の中から現在の条件に見合う作業を選択する条件制御など、シーケンス制御の内部にして様々な制御方法が存在する。

- 順序制御の例：自動販売機
- 時間制御の例：信号機
- 条件制御の例：洗濯機

本実験では、「FA システムを構築する前の準備訓練として、オムロン株式会社寄贈のベーシック FA キットを用いてシーケンス制御の基礎を学習することを目的とする。

1.2 実験装置の概要

本実験で使用するベーシック FA キットの外観図を図 1.2 に示す。また、このベーシック FA キットには図 1.3 に示すような拡張パーツボックスが付いている。これらのパーツ（センサーやタイマー等）についての詳細は次章で述べる。

図 1.4 にベーシック FA キットの内部配線図を示す。図 1.4 で示されるように、FA キットの入力は AC 100 [V] とし、内部のパワーサプライによって DC 24 [V] に変換されている。よって、以降で使用するパーツ（センサーやタイマー等）は DC 24 [V] 駆動の製品である。

キット本体は主に、タイマの調整スイッチ、SW1～SW4 までの 4 つの押しボタンスイッチ、コンベア制御用の切り替えスイッチ、L1～L3 までの表示灯、およびコンベアで構成されている。ただし、SW4 だけスイッチの種類が違うことに注意すること。

次に、このベーシック FA キットの基本的な使用方法について、最も単純な使用例を挙げて説明する。例えば以下の手順に従い、SW1 を押せば L1 が点灯する機能を作ることにする。

1. 図 1.5 にその作業配置の図を示す。
2. まず、背面に入っているコネクタを接続し、クレータを上げる。
3. 次に「+24V 端子とスイッチ 1」、「スイッチ 1 と表示灯 1」そして「表示灯 1 と-V」を各ケーブルで接続する。
4. 最後に電源を入れスイッチ 1 を押せば表示灯 1 が点灯する。

なお、赤いリード線が +24V に対応することを推奨するが、配線の見直し時に便利のため、-V には青、それ以外は黄を使うことを推奨する。

1.3 シーケンス制御に必要な電子機器

本章では、シーケンス制御に必要な電子機器について述べる。ただし、これらの知識があるならば、本章を読み飛ばして次章に移っても差し支えない。

1.3.1 スイッチとリレー

本実験の基礎となるのはリレーシーケンス制御である。リレーを用いたシーケンス制御のことをリレーシーケンス制御と呼び、通常シーケンス制御といえばこれを意味する。リレーとは「電流によって制御可能なスイッチ」のことで、これを用いることで回路内の電流の進行方向を制御し、出力先を任意に設定することが可能である。

リレーの種類としては、有接点リレーと無接点リレーが挙げられる。有接点リレーは、主に電磁リレーのことを指し、電流によって磁力を生じさせてスイッチを ON/OFF させる。一方、無接点リレーは、ダイオード、トランジスタなどの半導体を用いて ON/OFF を行うものである。また、無接点リレーを用いた制御では論理演算を行うために論理シーケンス制御と呼ばれる。しかし、扱える電流・電圧の範囲が狭く、直接接続制御には不向きである。また、PLC が主流である現在では、回路の変更が容易でない、などの理由から利用される機会は少なくなっている。本実験でもリレーは基本的な有接点リレーを用いることにする。

a 接点スイッチ 図 1.6 に示すように、a 接点スイッチとはボタンを押しこむことで端子間が導通するスイッチのことであり、通常時は接続（開放）されている NO (Normally Open) 接点ともいわれる。ボタンを押している時だけ導通し、離せば接続されることに注意すること。

b 接点スイッチ 図 1.7 に示すように、b 接点スイッチとはボタンを押しこむことで端子間が絶縁するスイッチのことであり、通常時は導通している NC (Normally Close) 接点ともいわれる。ボタンを押している時だけ端子間は開放され、離せば導通することに注意すること。

c 接点スイッチ 図 1.8 に示すように、c 接点とは a 接点と b 接点の両方の特性を併せ持つスイッチである。通常は b 接点と COM (common)、押しこむことで a 接点と COM が導通することになる。リレーでは、この c 接点の機能を備えているものが多く用いられている。本実験で使用するリレーも c 接点を持っている。また実験で使用するマイクロスイッチも c 接点である。

リレー 電磁リレーの構造を図 1.9 に示す。電磁コイルに電流を流すことで磁界が発生し、可動鉄片に磁力がかかる。それによって、可動鉄片が b 接点から離れ、a 接点と切り替え接点 (COM) が導通する。また、電磁コイルに電流を流すことを止めると、伸ばされていたバネによる力で a 接点から離れ、元の b 接点と再び導通する。このようにリレーは、電流を流すことで ON/OFF (a 接点と b 接点の切り替え) が可能なスイッチの機能を持つ素子である。

リレーの外観を図 1.10 に示し、その端子の構図図を図 1.11 に示す。図 1.11 に示す端子において端子 9～12 が COM となっており、端子 1～4 が NC、端子 5～8 が NO の役割を持つ。端子 14 に +24V、端子 13 に -V を入力するとリレーが ON となり、COM と NO 端子が導通する。なお、リレーは接続端子が付いたソケットに挿入して用いることで配線が容易となる。

1.3.2 タイマ

タイマとは、設定した時間を作り、その設定時間後に内蔵スイッチ（リレー）を切り替える機器のことである。図 1.12 に示すような外観をしており、端子の配線についてはリレーと同様であるため図 1.11 を参照すること。

また、本実験で使用するタイマ H3YN には側面に 4 つのディップスイッチが付いている。上 2 つのディップスイッチでタイマ時間の単位 (1s, 10s, 1min, 10min) を変更することができる。また下 2 つのディップスイッチで 4 つの動作モードが設定可能である。

1.3.3 カウンタ

カウンタとは数を数える機能を持った機器のことであり、設定値に達することで出力する機能を併せ持つ。図 1.14 に示すような各端子の役割が設定されており、6 番と 9 番が導通するとカウントアップ、6 番と 7 番が導通するとリセットとなる。また、3 番は COM の役割を持ち、設定値にカウント数が達すると NO の 4 番と導通、NC の 5 番が絶縁する。タイマ同様、側面のディップスイッチによって動作の設定が可能であり図 1.15 を参照すること。ただし、本実験では特に設定変更は必要ない。

1.4 近接センサ

近接センサとは、磁界や電界を利用して近づく金属に反応するセンサのことである。図 1.16 に示すような内部回路になっている。茶色のケーブルに 24 V、青色に 0 V を接続して動作させる。検知信号は、黒ケーブルから取り出せるが、負荷 (例えば表示灯) の 0 V 側と接続して用いる。

1.4.1 光電センサ

光電センサとは、可視光線や赤外線などの光を利用するセンサであり、応答速度が速い、検出距離が長いなどの特徴を持つ。本実験で用意している光電センサには図 1.17 に示すように透過形、帰帰反射形、拡散反射形の三種類がある。

1.5 シーケンス制御の基礎理論・シーケンス回路図

本節では、シーケンス制御の基礎理論となるシーケンス回路図について述べる。ただし、シーケンス制御についての知識があるならば、次章の実験内容に移っても差し支えない。

シーケンス回路図は制御における論理回路を表すものであり、電気回路図とは異なっており、シーケンス回路図 (あるいはリレー回路図など) と呼ばれる図面に対応する。シーケンス回路図の基本となるシンボルは図 1.18 で示すように、これに応じた装置の動作方法が存在することを留意すること。

ここで、コイルの記号について少し詳しく述べておく。リレーのコイルとは、リレーの動作電源となる端子 13, 14 番のことである (図 1.11 参照)。よってシンボル記号でリレーのコイルを配置する場合は、図 1.19 となる。

また、タイマの出力はリレーと同様に接点やコイルを持っており、例えばタイマの 9 番と 5 番の接点を配置すれば図 1.21 のようになる。基本例にカウンタ (C) やセンサ (S) でも同様である。

1.5.1 例題によるシーケンス回路図解説

図 1.22 にシーケンス回路図の例を示す。SW は押しボタンスイッチ、R はリレー、OUT は出力 (例えば表示灯) を意味する。

この回路の動作は、SW を押すことでリレーのコイル (電磁リレーの場合) に電流が流れ、磁力に反応して a 接点が ON となり OUT に出力される。通常、電流は流れ続けるが、左側が開閉しない限り GND と考えスムーズな動作を行う。なお、図中の記号において接点は上が下、下が上と直線的に作動する。

1.5.2 シーケンス回路図における注意点

シーケンス回路図を作成する上で以下のことに注意が必要である。

- 出力、コイルの後には何も設置しない
- 出力、コイルを直列に設置しない
- 接点なしで直接出力しない
- 短絡させない

図 1.23 はシーケンス回路図における上記の禁止事項について、シーケンス回路図によって表した図である。

1.6 実験内容

本実験では、「シーケンス制御の基礎実習」を行う。以下に記載する実験 1-5 および、課題 1-1 から 1-7 までを実施する。なお、実験報告書ではなく、レポートには各課題のシーケンス回路図を書いて提出すること。ただし、本指導書では簡略化のためシーケンス回路図は JIS 規格に統一している。

1.6.1 実験 1-1 リレー

図 1.24 に示す回路で、リレーの接点の動きを確認せよ。ただし、リレーはソケットに装着し、ソケットは DIN レールに差し込むこと。

課題 1-1 自己保持回路 a 接点スイッチだけではスイッチを押したときに出力は OFF となってしまう。SW1 を ON するとランプが点灯し、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

ヒント: SW1 は a 接点、SW2 は b 接点である。リレーを用いる。

1.6.2 実験 1-2 タイマ回路

図 1.25 に示す回路で、電源を入れてからランプが点灯するまでの時間を計測し、タイマ（型番: H3YN）の動作確認を行いなさい。ただし、タイマはソケットに装着し、タイマ側面のモードをオンディレイに設定し、TIME RANGE は 10s とする。ディップスイッチはマイナスインプラーで設定すること。また、TIME RANGE を 10s と変更し動作確認を行いなさい。なお、設定時間は任意、自己保持せずにスイッチは押し続けてよいものとする。

1.6.3 実験 1-3 タイマのモード

タイマの各モード（図 1.13 参照）の動作を確認しなさい。回路は実験 1-3 と同じでも構わない。

課題 1-2 タイマ利用 スwitchを一度押すことでランプを 2 つ自動で交互に点灯するような回路を作成せよ。なお、自己保持回路を用いてタイマの起動を制御し、タイマのモードは適切に選択することで行うこと。

課題 1-3 タイマ利用 スwitchを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成せよ。また自己保持回路を用いてタイマの起動を制御し、タイマのモードはオンディレイで行うこと。

1.6.4 実験 1-4 カウンタ回路

図 1.26 に示す回路で、カウンタの動作確認を行いなさい。例えば、カウンタの設定値を 5 に設定後、設定した値 (5 回) スイッチを押すたびにセンサが点灯するような回路を作成せよ。また、リセットスイッチの効果を確認すること。(注意) カウンタのピン番号の位置が実機とは異なる場合がある旨、表示に従って結線すること。

課題 1-4 カウンタとタイマ 1 秒につき 1 カウントする回路を作成せよ。ただし、起動には押しボタンスイッチを用いた自己保持回路を用いる。また、カウンタのリセットについては考えなくてもよいものとする。各機器のモードは適切なものを選択すること。

ヒント: タイマを用いる。

1.6.5 実験 1-5 センサを用いた回路

図 1.27 に示す回路で、センサの動作確認を行いなさい。コンペアは「手動」に設定し、角型 9V 乾電池とコンペアで運転しランプの点灯を確認する。センサは光電センサの中から好きなものを選んで、コンペア周辺に取り付けること。

課題 1-5 オートリセット回路 設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成せよ。カウンタの出力モードは N モードを用いること。また、カウンタは補助電極 ON (自己保持回路は不要) とし、カウントアップには押しボタンスイッチを用いること。

課題 1-6 センサとカウンタ センサを用いたアップカウンタ回路を作成せよ。ただし、センサ、カウンタ共に補助電極 ON (自己保持回路は不要) とする。また、センサの選択は任意とする。実験結果は実験 1-8 と同様に数値を記録するものとする。

課題 1-7 複合回路 センサ、リレー、タイマを用いて、コンペアでワークを運搬しセンサにかかるとコンペアを停止させ、5 秒後にコンペアを動き始める回路を作成せよ。

2 PLC ラダープログラムによる回路設計

2.1 実験目的

第 1 節では、要求する動作に対してハードウェア (必要な部品とリード線) による物理的な結線で命令を実行してきた。この方式はワイヤードロジックと呼ばれている。一方、要求する動作をプログラミングで実行する方式をソフトワイヤードロジックと呼び、この働きを持つ機器を PLC (Programmable Logic Controller) とする。PLC を用いることで、回路の変更・更新が容易であり、また回路を実際には作成しないため安価であるという利点がある。第 2 節の本実験では、CX-Programmer というソフトウェアを用いて PLC のためのラダープログラムの設計について学ぶ。

2.2 実験装置 (プログラマブルロジックコントローラ) の説明

図 2.1 に本実験で使用する PLC の概要図を示す。また、図 2.2 に PLC 内部の基本的な役割について示す。PLC は入力部、演算制御部、出力部の 3 つに大別される。

PLC の主な機能は入出力機能である。例えば，入力部でセンサによる信号を受け，内部 CPU で条件判断をし，出力部のリレーを開閉することで接続されたモータを ON/OFF するといった入出力機能を持つ。また，CPU 部でカウンタ，タイマ，内部補助リレー（仮想的なリレー）を有している点も特徴といえる。表 2.1 に CP1L-L の仕様を示す。入力リレーの個数は 8 点，出力リレーは 6 点，内部補助リレーは 8192 点（正しくは他にもあるが省略する）となっている。これらのリレーにはアドレスと呼ばれる番号が付いている。

表 2.1 OMRON CP1L-L の仕様

機能	点数	アドレス
入力リレー	8 点	0.00 ~ 0.07
出力リレー	6 点	100.00 ~ 100.05
内部補助リレー	8,192 点	W0.00 ~ W511.15
タイマ	4,096 点	T0 ~ T4095
カウンタ	4,096 点	C0 ~ C4095

アドレスとは，そのリレーの場所を示す番号である。図 2.1 に示すように CP1L-L は上段に入力端子，下段に出力端子がある。本機では入力端子は 0ch，出力端子は 100ch とあらかじめ決められている。図 2.3 に入力端子とアドレスの関係を示す。入力端子は 0ch であると決まっているので，アドレスは 0.xx となる。xx には接続する端子ごとに数字（ビット）が割り振ってある。図 2.3 の例ではビット 01 および 06 なのでアドレスは 0.01 および 0.06 となる。

また，本実験ではそれほど多くの内部補助リレーを必要とはしないが，1ch ごとのビット数は 0 ~ 15 までであることに注意する。つまり，16 個の内部補助リレー W0.00 ~ W0.15 を使っていて，もう 1 つ以上使いたい場合は W1.00 以降となり W0.16 は使えないことに注意する。

次に，入力部と COM の関係について述べる。入力部とはスイッチやセンサなどの入力機器を接続し，それらの ON/OFF 情報を取り込む部分である。図 2.4 に示すように COM に +24V を接続し，a 接点をアドレス 0.05 に接続したとする。入力部の内部構造は図 2.5 に示すようにフォトカプラとなっており，入力部の端子と COM との電位差が生じることで入力部が ON と判断されることになる。図 2.5 から分かるように，COM 側が +24V であってもフォトカプラは作動し，反対に端子側が +24V であってもよい。ただし，本実験で用いるセンサの検知信号は 0V 側と接続して用いる（第 1 節の 1.4 章を参考）ため，センサを用いるならば COM を +24V にする必要がある。また，センサの種類によって検知信号の電位は異なるという点に注意する。

次に，出力部と COM の関係について述べる。出力部はランプやモーターなどの出力機器を接続し，処理結果を外部出力するところである。図 2.6 に示すように，PLC は内部リレー 100.05 を ON とすることで COM と端子 05 を導通させる機能を持つ。このため COM 端子に接続する電圧および方向は，PLC に接続するモーターなどの出力機器に依存する。しかし，入力部の COM は 1 つだけであったが，出力部の COM は図 2.7 に示すように出力端子ごとに個別となっている。これは出力機器が DC24V 駆動であったり，AC100V 駆動であったりと様々であるため，それらに対応するためである。

2.3 実験内容

本実験では，「PLC ラダープログラムによる回路設計」を行う。以下に記載する実験 2-1 および課題 2-1 から 2-8 までを実施する。なお，課題はラダープログラムを作成して動作確認を行うと共に，レポートにラダープログラム図を添付すること。

実験 2-1 ラダープログラムの動作確認

1. ベーシック FA キットと PLC を図 2.8 に示すように配線する。
PLC の IN 端子 00, 01, 02 に NO スイッチ×3 をそれぞれ接続する。
その NO スイッチを 3-V, COM と +24V, および PLC への電源を接続する。
2. 図 2.9 に示すようにプログラムを CX-Programmer で作成する。
ソフトウェア上で NC の役割を行うことを確認する。
3. 画面上で内部リレー（アドレス W1.00）が作動していることを確認する。

課題 2-1 自己保持回路（課題 1-1 のラダープログラム）

SW1 を ON するとランプが点灯し続け、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

課題 2-2 タイマ利用（課題 1-2 のラダープログラム）

スイッチを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成せよ。

ヒント：自己保持回路を用いてタイマの起動を制御。

3 実験内容

本実験では、「PLC ラダープログラムによる回路設計」を行う。以下に記載する実験 2-1 および課題 2-1 から 2-8 までを実施する。なお、課題はラダープログラムを作成して動作確認を行うと共に、レポートにラダープログラム図を添付すること。

実験 2-1 ラダープログラムの動作確認

1. ベーシック FA キットと PLC を図 2.8 に示すように配線する。
2. PLC の IN 端子 00, 01, 02 に NO スイッチ×3 をそれぞれ接続する。
3. その NO スイッチを 3 つとも V, COM と +24V, および PLC への電源を接続する。
4. 図 2.9 に示すようにプログラムを CX-Programmer で作成する。
5. ソフトウェア上で NC の役割を行うことを確認する。
6. 画面上で内部リレー（アドレス W1.00）が作動していることを確認する。

課題 2-1 自己保持回路（課題 1-1 のラダープログラム）

SW1 を ON するとランプが点灯し続け、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

課題 2-2 タイマ利用（課題 1-2 のラダープログラム）

スイッチを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成せよ。ヒント：自己保持回路を用いてタイマの起動を制御。

課題 2-3 タイマ利用（課題 1-3 のラダープログラム）

スイッチを一度押すことでランプ 2 つを自動で交互に点灯させる回路を作成せよ。ヒント：タイマを 2 つ使用するプログラムを以下に示す。これを改良して始動スイッチを設けること。

課題 2-4 カウンタとタイマ（課題 1-4 のラダープログラム）

1 秒につき 1 カウントする回路を作成せよ。ただし、起動には押しボタンスwitchを用いた自己保持回路を用いる。また、通常のカウンタ（CNT）は減算であるため加減算カウンタ（CNTR）を用いること。図 2.11 に示すように CNTR には加算・減算・リセット信号の 3 つの信号を入力する必要がある。

課題 2-5 オートリセット回路（課題 1-5 のラダープログラム）

設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成せよ。ただし、出力先が指定しないので CX-Programmer 上でカウンタがリセットされていることを確認すること。条件：自己保持回路は不要とし、カウントアップには押しボタンスwitchを用いること。カウンタは CNT を用いること。

課題 2-6 センサとカウンタ（課題 1-6 のラダープログラム）

センサを用いたアップカウンタ回路を作成せよ。カウンタには加減算カウンタ CNTR を用いる。また、実験体は実験 1-8 と同様に乾電池の通った数を数えるものとし、センサの種類は任意とする。センサ等の起動に自己保持は用いなくてもよいものとする。

課題 2-7 複合課題

押しボタンスwitch 1 つのみを用いて、一度押すとランプが点灯、もう一度押すと消灯を繰り返すラダープログラムを作成せよ。カウンタを CNT を用いた場合のラダーフローの流れを以下に示す。ただし、CNT、CNTR どちらを用いてもよい。CNTR を使えば、タイマによりリセットの行程を省ける。

課題 2-8 複合課題

課題 2-7 を基に、押しボタンスwitch 1 つでランプ 2 つを交互に点灯させる回路を作成せよ。ただし、スイッチングする際（点灯する前）に 1 秒間のタイムラグを与えること。つまり、ランプ 1 点灯（X1 秒） ランプ 1 消灯 1 秒経過 ランプ 2 点灯（X2 秒） ランプ 2 消灯 1 秒経過 ランプ 1 点灯の繰り返しとなる。ここで、X 秒のところは各自が押しボタンスwitchを押す間隔である。また、スイッチを押すまではランプが点灯していないように工夫せよ。

参考文献

- 1) 南，石川：優しくわかるシーケンス制御，オーム社（2020s）