

ゲーム性を持たせた PLC による位置決め制御 実験システムの開発

高山敏生[†] 矢島邦昭[†] 菅谷純一[†]

仙台高等専門学校広瀬キャンパスでは国際交流にも力を入れており、留学生もシーケンス制御を学習している。本研究では、基本から応用までを学習ができ、海外の学生でも学ぶことができる学習キットの開発を目的とする。教材キットは本体の軽量化、ゲーム性を取り入れたものを作成し、学習内容としてはサーボモータを用いた位置決め制御についての学習できるキットを作成する。補助教材として Web コンテンツなどの作成をする。

Development of the positioning control system with the PLC which kept game characteristics

Toshiki Takayama[†] Kuniaki Yajima[†] Junichi Sugaya[†]

The sequence control is used many industrial products, and it is important for students who study industrial. Sendai NCT has been holding any lectures for sequence control, and it is accepting many exchange students every year. So that there are requests to want to learn the techniques. Therefore we are developing a simple learning kit for self studying sequence control with English and Japanese E-learning contents.

1. はじめに

自動制御とは JIS（日本工業規格）で「制御系を構成して自動的に行われる制御」と定義されており、自動制御にはシーケンス制御システムとフィードバック制御システムがある[1]。本研究ではシーケンス制御システムについて扱う。

シーケンス制御とは JIS で「あらかじめ定められた順序または手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御」と定義されている[2]。シーケンス制御は私たちの身近な家電製品や自動ドア、エレベータなど、また工場の設備などに多く使用されており、工業分野の学生の重要な知識である。また仙台高専広瀬キャンパスでは他国の交換留学生が多く来校しており、シーケンス制御について学習したいという要望が増えている。しかし現段階では基本的なシーケンス制御を学習できる学習キットしかないため、現在シーケンス制御の主流となっている PLC などの応用的な学習が十分にできない。本研究では、仙台高専の学生だけでなく、留学生も対象としたシーケンスの基本から応用的な内容までを学習できる教材キットと学習をサポートするためのコンテンツの開発を行う。

2. 研究概要

現在仙台高専のシーケンス制御の授業ではオムロン株式会社から寄贈していただいた「ベーシック FA 学習キット」を使用しており、リレーシーケンスを中心としたシーケンス制御の基本を学習することができる。より深くシーケンス制御を学習するには応用的な学習ができる新しいキットが必要である。本研究では応用的な学習として、工場の生産ラインなどで欠かせない位置決め制御を題材とし、PLC を用いて学習するキットを開発する。海外の学生を対象とした公開講座やインターンシップ学生の学習も想定し、可搬性も考え、小型のシーケンス制御教材キットを作成する。コンテンツは誰でも簡単に利用できるようにするため、PC やタブレットで使えるように工夫する必要がある。作成する小型のシーケンス制御教材キットは学習意欲の向上を方法としてゲーム性を持たせたピンボール盤を題材とした。学習をサポートするコンテンツは Web コンテンツをし、日本語と英語の両方の言語で作成し、海外の学生でも学習しやすい環境を目指す。さらに学習の理解度を確認するテストは集中して学習できるようにクイズ形式の問題を作成する。

[†] 仙台高等専門学校 広瀬キャンパス
Sendai National College Of Technology Hirose Campus

3. シーケンス制御教材キット

3.1 位置決め制御装置

本研究では一軸ステージ，表示機，サーボモータで構成された小型のシーケンス制御教材キットを作成した．位置決め制御はサーボモータを用いて行う．制御方式としてはエンコーダのみを位置検出に用いたセミクローズドループ制御を使う．

新しく作成した小型の位置決め制御装置にボールネジの代わりに一軸ステージを使用することにより位置決め制御装置の小型化に成功した．位置決め制御装置は公開講座を想定し，小型化，軽量化が重要である．位置決め制御装置全体の構造は PLC，サーボドライバ，NV 画面，一軸ステージ，電源を使用している．

・使用機器

PLC：OMRON CP1L

サーボドライバ/サーボモータ：OMRON R7D-BPA5L/R88M-G05030H

入力機器（表示機）：OMRON NV3W

一軸ステージ：オリジナルマインド一軸ステージ 150 組立キット

・装置の大きさ

横 35cm×縦 30cm×高さ 15cm

位置決め動作にはサーボモータを使用し，ベルトを利用することにより，台座を移動させることができる．図 1 に小型位置決め制御装置を示す．

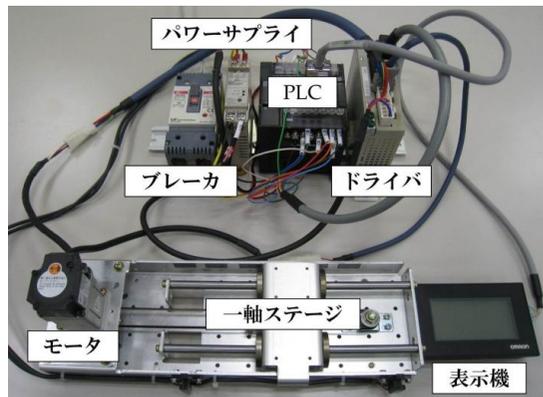


図 1 位置決め制御装置

図 2 に PLC とサーボアンプの配線を示す．図で示している原点近傍センサと CW 限界センサには近接センサを使用している．このセンサは初めに原点の位置を決める原点サーチ・復帰に使用する．また安全装置の役割として位置決め制御装置の台座が設定した位置を超えないようにすることができる．

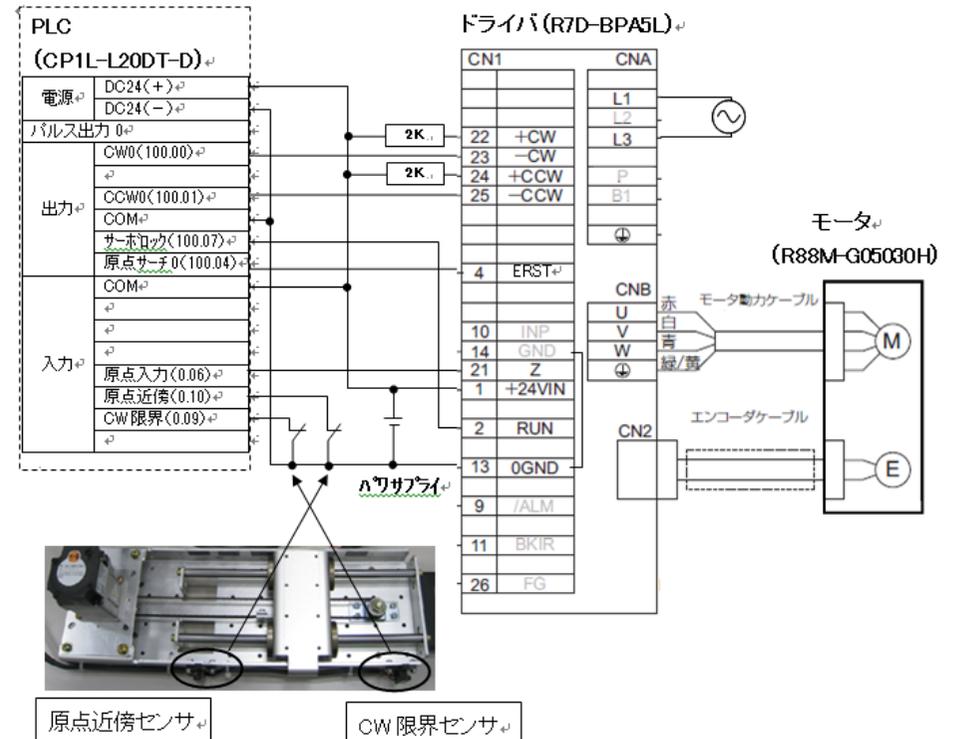


図 2 PLC とサーボアンプの配線図

3.2 操作画面

位置決め制御装置の入力装置として表示機 OMRON NV3W を使用する。これはスイッチの ON/OFF をタッチパネル上から行うことができる。この表示画面の設定には、オムロンの NV-Designer というソフトを使用して行う。図 3 に NV-Designer で作成した NV 画面、図 4 に実際の表示機 NV-3W を示す。



図 3 NV 画面のデザイン



図 4 表示機 NV-3W

表示画面はスイッチの絵柄のデザイン，文字のフォントなどを変更でき用途に合わせ，使いやすいものを作成できる。操作スイッチは押している間はスイッチが ON，離すと OFF になるモーメンタリ動作のスイッチと，一度押すと ON し，手を放しても ON 状態は保持され，OFF させるにはもう一度スイッチを押すオルタネート動作のスイッチがある[3]。作成した表示機のスイッチはこの 2 つの種類のスイッチを使用して作成し，位置決め制御装置の操作を行う。図 5 にモーメンタリ動作スイッチ，図 6 にオルタネート動作スイッチを示す。

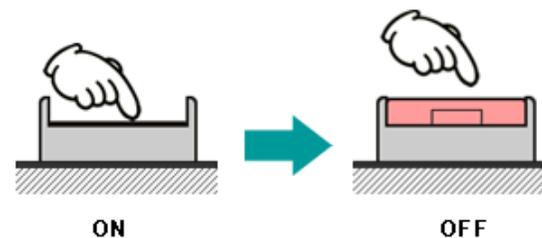


図 5 モーメンタリ動作スイッチ

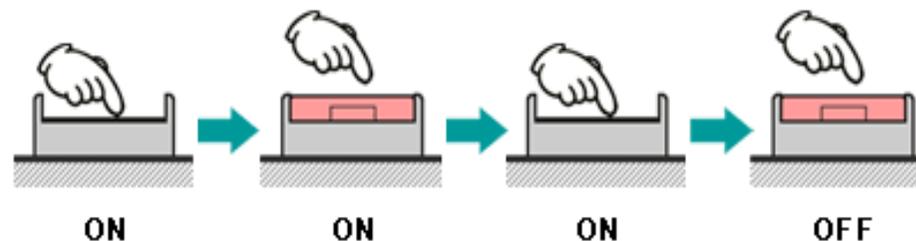


図 6 オルタネート動作スイッチ

3.3 ピンボール盤

ゲームシステムに必要なピンボール盤を亚克力板とアルミ板で作成した。亚克力板は，配線が見やすい，ボールの動きが分かりやすくセンサの反応を確認しやすいなどの理由から選定した。図 7 に SolidWorks を用いて設計した外觀図を示す。先行研究では亚克力板は縦 360mm，横 240mm，厚さ 10mm で作成した。アルミ板を縦 360mm，横 240mm，厚さ 2mm で作成した。しかし作成したピンボール盤は一台 2kg の重さがある。重さの大部分は亚克力板であり，公開講座で持ち出す際持ち運びに不便である。そこで，新しく厚さ 5mm と 3mm の亚克力板を使用して再設計を行い，

先行研究の設計におけるピンボール盤に比べ半分の重さのピンボール盤を作成した。表1にアクリル板，アルミ板の寸法を示す。センサは図7が示す位置に取り付けることができる。センサは複数の数を受講者が指定した位置へ取り付けることができ，センサの動作を考えながら楽しんで学習することができる。

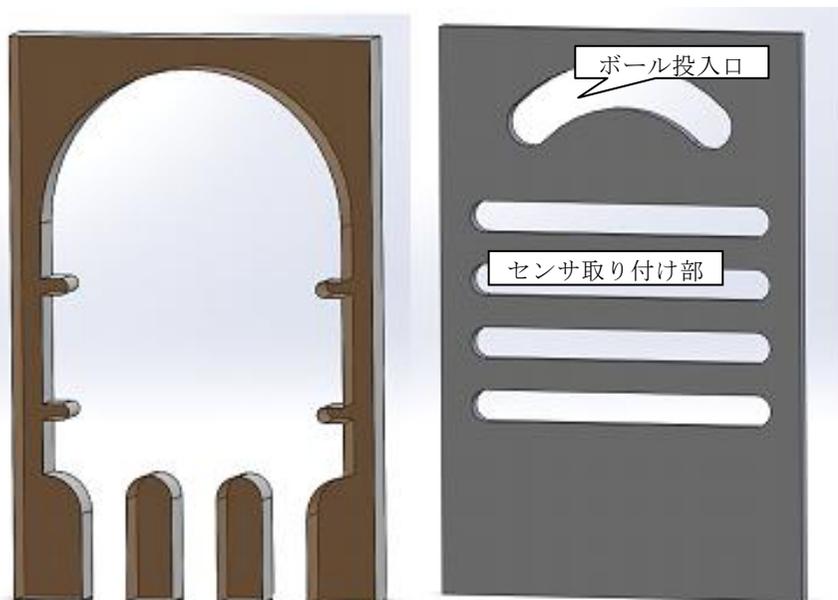


図7 設計したアルミ板とアクリル板

表1 ピンボール盤に使用する素材の寸法

| | アクリル板 | アルミ板 |
|----|----------|-------|
| 縦 | 360mm | 360mm |
| 横 | 240mm | 240mm |
| 厚さ | 3mm, 5mm | 2mm |

3.4 プログラム

プログラムはオムロンの CX-Programmer を使用して作成する。CX-Programmer で作成するプログラムはラダープログラミング方式である。ラダープログラム方式ではシーケンス制御のラダー図を用いたプログラミング法であり，基礎的なラダー図がわかれば容易にプログラムを作成できる。特徴としては，プログラムの変更，訂正が容易であり，初学者でも理解しやすい。この作成したプログラムを PLC に転送し，実際にシーケンス制御を動作させる。

(1) 位置決め

本研究で作成しているピンボール盤を使用したゲームには位置決めを主に利用して制御を行う。位置決め制御の命令には2種類あり PLS 命令と PLS2 命令がある。PLS 命令は加減速なしの位置決め命令で，SPED 命令と併用して使用する。PLS 命令の出力パルスの波形を図8に示す。図で示すように SPED 命令が実行されてからすぐに目標周波数に達し，また指定したパルス量を出力し終わるとすぐにパルス出力を停止する。PLS 命令はこのような特性のため急に動作が始まり，急に停止を行う。

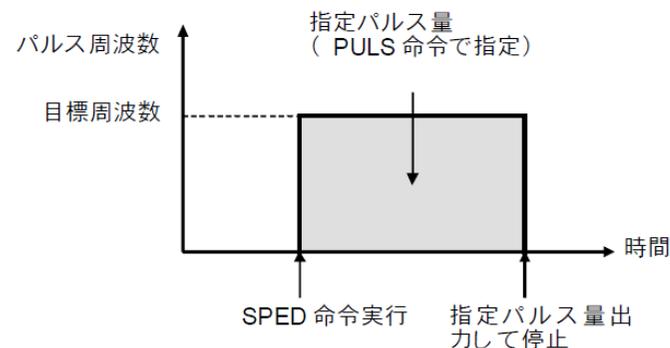


図8 PLS 命令の出力パルス

PLS2 命令は加減速ありの位置決め命令であり，出力パルスの波形を図9に示す。図9で示すように PLS2 命令では命令が実行されてから目標周波数に達するまで徐々に増加し，停止するときは徐々に減少し，ちょうど指定したパルス量が終わるように出力が停止する。このように PLS2 命令では加減速があり，急始動，急停止を防ぐことが可能である。

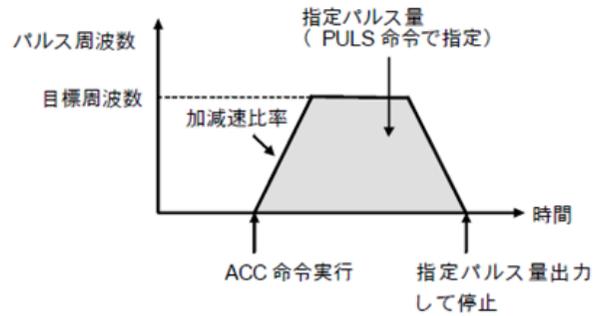


図9 PLS2 命令の出力パルス

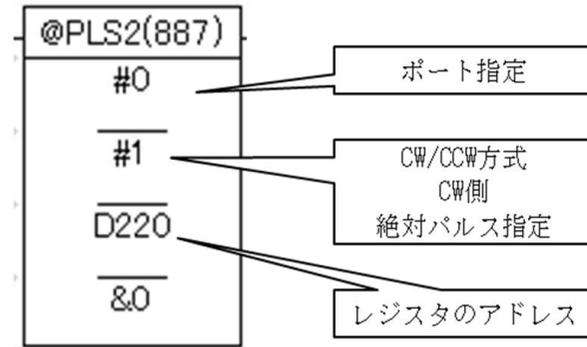


図11 PLS2 のファンクションブロック

ゲームシステムのプログラムには加減速可能な PLS2 命令を使用して作成した。図 10 に位置決め制御を利用したゲームシステムのプログラムを示す。また図 11 に PLS2 命令のファンクションブロックの説明を示す。PLS 命令, PLS2 命令ではラダープログラムだけでなくパルスの出力パルス量, 加減速比率, 移動距離, 速度などを設定する必要がある。設定したデータを図 12 に示す。値はパルス数を示す。

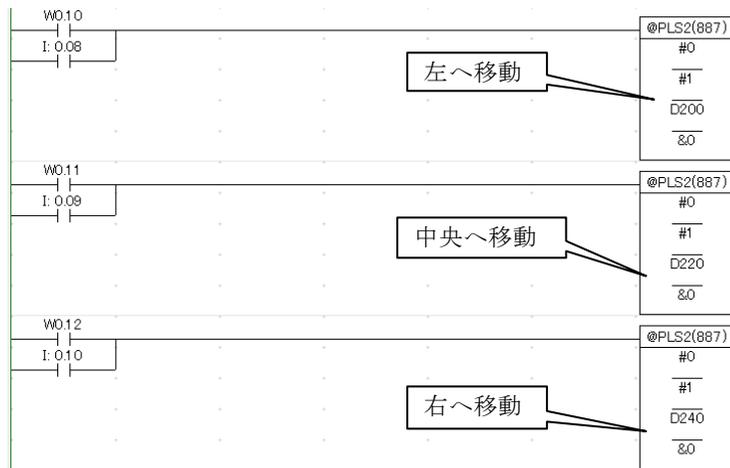


図10 位置決め制御 (ゲームシステム) プログラム

| アドレス | 値 | |
|------|--------|-------|
| D220 | &4000 | 加減速比率 |
| D221 | &4000 | |
| D222 | &15000 | 移動速度 |
| D223 | &0 | |
| D224 | &2900 | 移動位置 |
| D225 | &0 | |

図12 パルスの設定値

3.5 ゲームシステム

図 13 に作成したピンボール盤と小型位置決め制御装置を組み合わせ作成したゲームシステムを示す。図 13 ではボールを検出するセンサとして光電センサを 5 つ用いている。光電センサは拡散反射型のものを使用した。拡散反射型は物体からの反射光の大きさにより動作する光電センサである。このプログラムはあらかじめピンボール

盤のボールが出てくる左、中央、右の3ヶ所の位置に台座を移動させる。それぞれのセンサに対応したパルスが出力され指定した位置へ移動することができる。実際にボールを転がし、捕球することに成功した。位置決め装置はセンサだけでなく、タッチパネルを利用して手動動作させることも出来る。この方法ではボールの捕球に失敗することも考えられるため、捕球できないボールを回収するレールの作成をした。図14に作成したレールを示す。捕球に失敗したボールはレールを転がり、1ヶ所に集めるようにする。

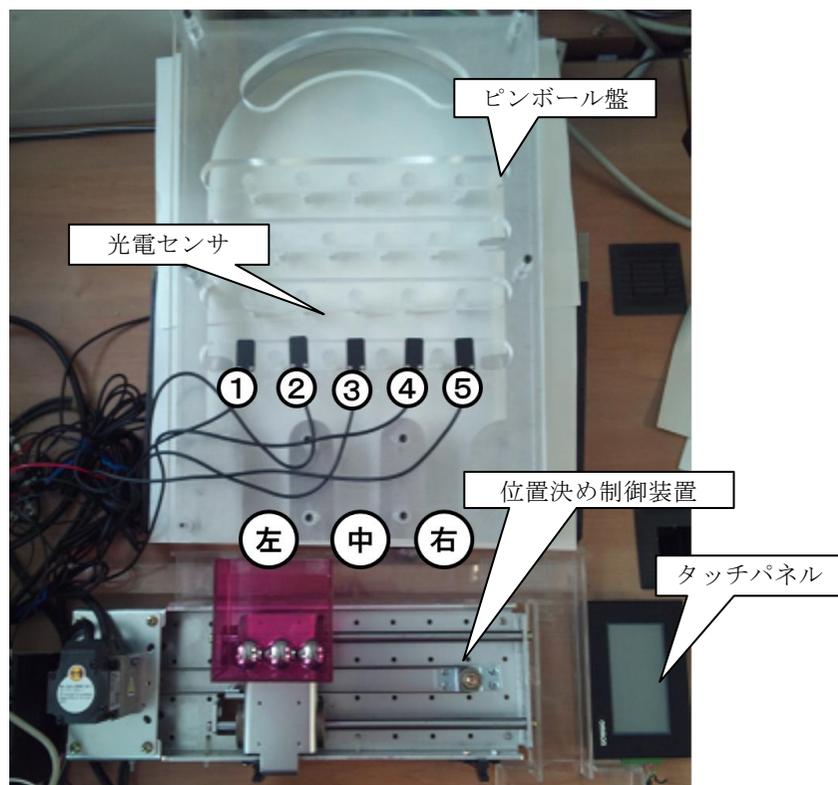


図13 ピンボール盤と位置決め制御装置によるゲームシステム



図14 作成したレールと表示機のタッチパネル

4. Web コンテンツ

Web コンテンツは初学者からシーケンスの知識がある人まで学習できるように、基礎的な学習から位置決め制御、サーボ機構などの応用的な学習ができるコンテンツを作成した。コンテンツは初級編、中級編、応用編を作成した。本校の学生だけでなく他国の留学生や、公開講座での学習も想定し、日本語だけでなく英語でもコンテンツを作成し、誰でも学習ができる環境を提供することを目的である。図15に日本語、図16に英語で作成した学習コンテンツの例を示す。学習内容は以下の通りとする。

初級編

- シーケンス制御の基礎、入出力装置や制御機器。
- シーケンス回路の基礎、論理回路、ラダー図。
- リレーシーケンス。

中級編

- PLC とラダープログラム。
- PLC を用いた基本的な論理回路。
- PLC を用いた応用的な回路。

上級編

- サーボ機構, モータの制御.
- 位置決め制御を行うパルス制御, PWM 制御など.

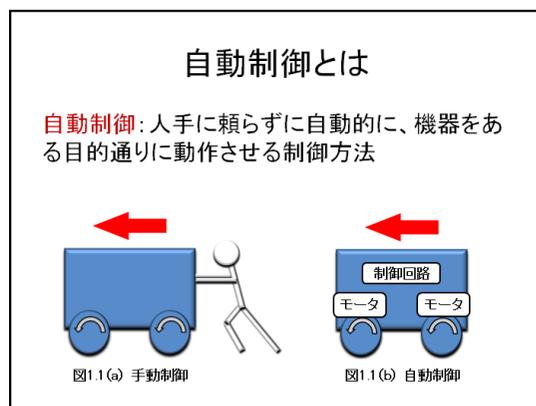


図 15 日本語のコンテンツ

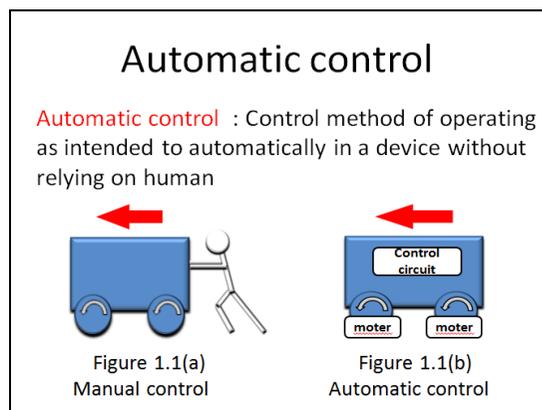


図 16 英語の学習コンテンツ

5. 国際化に向けて

仙台高専矢島研究室では昨年の12月からタイのKMITLから研修生を受け入れており、シーケンス制御について共同研究に取り組んだ。

始めに開発しているシーケンス教材キットの作成を通してシステムのハードウェアについて学習した。プログラムではPWM出力を利用した位置決め制御のベースとなるプログラムの作成をしていただいた。研修生の方はラダー図などシーケンス制御の詳しい知識があり、ソフトウェアによるアラームリセットの追加などプログラムの改善をしていただいた。このようにシーケンス制御教材キットをソフトウェアとハードウェア面の両方の改善を行うことができた。研修生との共同研究を通して、学習キットの改善と国際化につなげることができた。

6. おわりに

本研究の目的は、国際交流や公開講座などを考慮した国際化に対応したシーケンス制御学習キットの作成である。実際に公開講座などで複数人に学習してもらうに1台では効率的に全員が学習する事は難しい。そこでシーケンス制御学習キットを5台作成した。受講者がシーケンス制御の学習に興味を持ち、意欲的に学習するためにゲーム性を取り入れたピンボール盤をキットとして採用した。

現在のプログラムはパルス制御による位置決め制御しかないため、受講者の学習の幅を広げるために、PWM, PID方式を利用した位置決めもできるように検討する。PWM方式はベースを作成したため、ゲームシステムの作成を検討する。

Webコンテンツは英語と日本語で基本の学習ができるものを作成した。さらに応用学習もできるコンテンツが必要である。またシーケンス制御についての学習だけでなくCX-ProgrammerやNV-Designerなどのプログラムの開発環境の使用法を説明するコンテンツも必要になると考えられる。

実際に研修生と位置決め制御の共同研究をした。国際交流を通してお互いにシーケンス制御の理解を深めることができた。

参考文献

- 1) 上泰, 堀桂太郎: 図解シーケンス制御実習ゼロからわかる自動制御, 森北出版株式会社
- 2) オムロン(株)セミナ教育課: ベーシック FA 講師用マニュアル, オムロン株式会社
- 3) オムロン電子部品情報サイト Omron E - WEB 2014/2/18
<http://www.omron.co.jp/ecb/products/sw/special/switch/>