

# システム思考育成のための専攻科特別実験

木澤 悟            伊藤 惇  
杉沢 久雄  
(秋田工業高等専門学校)

## Advanced Experiment in the Production Systems Engineering Course for Cultivation of System Thinking

Satoru Kizawa      Jun Ito  
Hisao Sugisawa  
(Akita National College of Technology)

The word “System Thinking” has been used widely in various fields. Recently, it is necessary for engineers to create next generation products by means of the system thinking which combines many knowledges of different engineering fields. Therefore, in this paper we introduce an approach to foster the system thinking through creative design and development of autonomous mobile robot on the advanced experiment subject in the Production Systems Engineering Course. Through this experiment, students can learn design and development which synthesize mechanics, electronics and robotics, as a result, we considered they were interested in hand-making and could promote their ability of engineering sense, the system thinking.

**Key words:** System Thinking      Advanced Experiment      Autonomous Mobile Robot  
Trace Robot

### 1. はじめに

高専の専攻科は本科の5年間一貫教育の特徴を生かし、さらにその後の2年間で学際的な技術者を育成することを志向した教育の理念の基に設立されている。本校においても平成6年に専攻科が2専攻設立されている。本論文は特に機械工学科と電気工学科を融合した生産システム工学専攻における、1年次後期に行われる専攻科特別実験に関しての新しい取り組みについて紹介するものである。最近では専攻科を持つ高専においては、実践力と創造力を兼ね備えた技術者の育成のために、「モノづくり」に重きを置いた教育<sup>1)</sup>が盛んに行われている。しかしながら、創造力育成に対する効果、問題解決能力に対する効果はテーマおよび

実験の進め方、あるいは限られた予算、時間の関係上、期待通りには得られないが、試行錯誤し、年々、理想的なスタイルに近づけているのが現状のようである。

本校においては機械工学科3年次の後期に創造設計製作の授業で、問題解決の能力や自発的、創造的な態度の育成を目的に、競技会を前提にしてロボット製作が行われている。しかし、人数が多いため、できるだけ少人数のグループ構成を配慮してはいるが、学生個々が積極的にモノづくりに参加できる環境にあるとは言い難い。また、本科の電気工学科や生産システム専攻においても、これまで特にモノづくりを目的とした講義は設けられていなかった。卒業後、技術者として将来を担う以上、モノづくりは基本である。次世代の商品開発は高機能、高付加価値を市場から要求され、

今後益々、技術者はヒット商品を生み出す能力が問われると考えられる。そのためには多くの場合、技術者にとって複雑・高機能なものに対する創造性、独創性などの能力が要求される。これには、総合的・学際的な分野の学問において、ある目的のために各種分野の知識や考え方を有機的に結合・統合化させながら物事を考える「システム思考」が大切であると考えている。

そこで、本専攻科特別実験では「システム思考」の育成を目標に、創造性、独創性、問題解決能力、工学的センス、未知なるモノへの挑戦ということをテーマに、自律移動型ロボットの設計と製作を課題とした。学生の大半が機械工学科と電気工学科の出身者であり、各自、得意とする専門分野が異なるが、ロボット製作はトータルな専門領域を必要とするので、互いの専門分野を持ち寄り、あるいは異分野にも首を突っ込みながら、幅広く、より高度な専門技術を自ら身につけ、多くの専門分野を統合しながら設計開発に繋げるシステム思考を養う工学実験が可能であると考えた。本論文では、特別実験で行った自律移動型ロボットの製作の概要、ロボットの製作例、競技会および本実験による効果と実験を通しての問題点、そして今後の実験の準備と進め方の改善点について述べる。

## 2．特別実験の概要

### 2．1 特別実験の目的と実施内容について

本特別実験は、1年後期を用いて、創造的実践技術者を育成することを目的に、モノをつくる経験を通して、自らの専門領域を高めることと他分野の専門領域を吸収しながら、知識の蓄積、技術のノウハウの習得に努め、その過程から自ら問題

表1 実験スケジュール

日 程	実 験 内 容
10 月 (4～5 週)	テーマの提示と講義および構想設計と図面作成レポートの提出
11～2 月 (9 週)	製作期間
2 月末 (1 週)	競技会 レポートの提出

解決能力を磨き高め、システム思考を養うことを目指している。そこで、機械工学（加工、材料、機構）、電気工学（電子回路、計測）、制御工学を幅広く応用できるテーマとしてロボット製作を選んだ。特に、内容的に電子制御のウエイトが高いが幅広い専門領域を要求される点で、自律移動型ロボットを製作してもらい、ライントレース競技会を開催することにした。

### 2．2 実験の指導方法について

はじめにグループ編成であるが、基本的に機械工学科出身と電気系の工学科出身の二人一組とした。例えば機械工学科出身者だけの組にさせると、課題が電子制御のウエイトが高いので、かなりつまずくと考えられたが、幸い今年度は偏ることなく5班が編成できた。

次に、実験の準備と課題の与え方について述べる。本実験のスケジュールは表1に示すが、はじめの2週において、競技テーマを示し、メカトロニクスの基礎を取得させる目的でロボット製作に必要と思われる要素技術<sup>2),3),4)</sup>、例えばフォト IC 等のセンサ各種、モータドライバ等について説明する。その後、2、3週を掛けて、各班が図書館等でインターネットを用いて情報収集したり、雑誌を参考にしながら、メカ部の設計、電子回路の設計に取り組むことになる。構想設計後、詳細なメカ部の設計図面および制御部、電子回路図面を添付した仕様書と必要製作材料と電子部品のリスト表を提出してもらう。ただし、用意できる製作材料、電子部品の一覧を表2に示すが、不足部品

表2 製作材料

材 料	用 途
アルミ部材	ロボットフレーム、放熱版
樹脂材	車輪
ステッピングモータ	駆動用
リレー	シーケンス制御用
フォトセンサ	ライン検知
基板	配線、エッチング
モータドライバ IC	ステッピングモータ制御
各種 IC、トランジスタ	論理回路、発信回路、増幅
抵抗、コンデンサ	制御回路
Ni-Cd バッテリ	電源

に関しては提出部品リストを見ながら、予算内であれば購入し、あるいはロボコンで用いるアルミ材、ギヤ付きモータ、電子部品は数に余裕がある限り自由に利用させている。各班で調達できる部品ならば特に制限を設けていない。基本的な姿勢としては、メカ部はできるだけ手作り部品を目指し、車輪などは樹脂から旋盤による削りだし、放熱版などもアルミ材からフライス加工させて、感覚的に体で覚えさせるような経験を与えることもこの実験のねらいである。また、工具および計測装置については表3に示すが、オシロスコープ、関数発生器に関しては研究室持ち出しで各一台用意できるだけである。課題については前述したとおりだが、本来、ライントレースロボットには判断と制御する機能および機構を持ち合わせる必要が要求され、これを実現させるためにはマイコンを搭載し制御させることが一般的と考えられるが、予算と準備不足のため、論理回路素子およびリレー等を利用してディジタル、アナログ混載型で判断機能を持たせたロボットの製作を前提にした。ただし、学生にはマイコンボードを自前で準備できるのであればこの件については特に制約は設けず、学生の自主性に任せることにした。

各班より提出された仕様書を検討し、ある程度見通しのたつ設計書であれば製作に取りかかって

もらい、無理な設計仕様に対しては、ある程度アドバイスを与え設計変更を考えてもらい、計画を練り直した後、製作に取りかかってもらった。各グループとも構想的には画一的な設計であることは否めなかったが、競技会を意識して、バッテリーの積む位置、ラインを読みとるためのセンサ配置、軽量コンパクト化、回路上配線を極力少なくするためにエッチング処理を考慮したなどかなり工夫は見られた。製作期間は約9週間であるが、最初はモノづくりの大変さを知らず、講義時間だけの取り組みであったが、徐々に、大変さを知り、自主的に放課後に居残り、大会一週間前あたりは夜遅くまで作業していたようである。設計通りに製作できることが理想ではあるが、実際は試行錯誤の連続であり、学生達は制御回路などでは一度、ブレッドボードで実験をして動作確認し、その後実機に装着させていた。駄目ならばまた実験をし、繰り返しながら実装を試みており、未知の製作課題に戸惑いながらもマニュアルやデータシートを参考にしながら、完成度の高いものへと挑戦していたようである。モノづくりの大変さと専門、専門外の領域を融合させながらアイデアを出し、考えながら作業できる経験はかなり貴重な体験だと考える。

## 2.3 競技内容

平成11年度の競技内容は前述したようにライントレースロボット競技会を行った。写真1に競技会場を示す。黒で塗装した板上の白のラインテープをトレースしながらロボットが走行し、周回時間を競わせ3回の内のベストタイムを公式記録とした。

## 3. 製作作品と仕様概要

### 3.1 製作ロボット

さすがに外観にまでこだわっている時間もなく、機能重視の製作となったようで、写真2に各班による製作ロボットを示す。結果については後述する。

### 3.2 主な設計仕様

主要な部品は共通に与えているため、似たような設計仕様になり、ややオーソドックスな自律移動型ロボットの構成になった。以下に各班ほぼ共通の構成になった駆動制御、センサ部、ロジック回路とリレーを利用した判断制御について概説す

表3 設備一覧

設 備	個 数
工具一式	各班
ディジタル、アナログオシロスコープ	各一台
テスター	各班
関数発生器	一台
直流安定化電源	各班

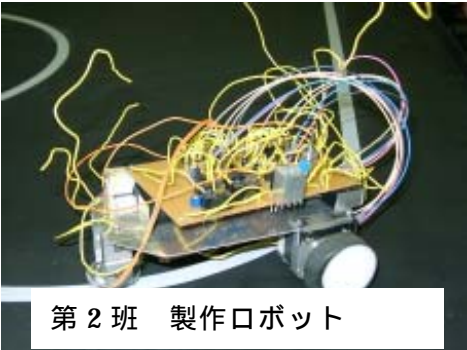


写真1 競技コース

る．はじめにセンサ関係であるが，ライン検出にはフォト IC を各班に用意したので，回路構成は図 1 の構成となった．この IC は赤外線発光ダイオードとモニタ用の発光ダイオードを外付けするだけで簡単に利用できて便利である．次にライン検出とモータ制御における判断の方法について説明する．センサを 3 個利用した場合は図 2 のような結果の組み合わせが考えられる．組み合わせの状況に合わせて左右のモータドライバを調整することになるが，左右とも高速回転，低速回転の 2 段階の切り替えを図は示している．ここでは特に左側のモータドライバのみを説明する．そこで，高速回転と低速回転の場合分けをし高速回転を H，低速回転を L とする対応を考える．センサ出力 A，B，C の結果 Z を図 3 ように対応させるためにはブール代数より B，C の論理積を考えればよいことがわかる．つまり，B，C の論理積をとり，こ



第 1 班 製作ロボット



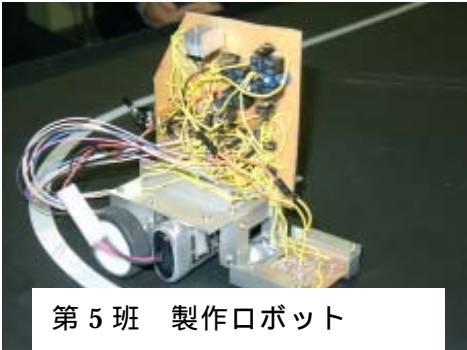
第 2 班 製作ロボット



第 3 班 製作ロボット



第 4 班 製作ロボット



第 5 班 製作ロボット

写真 2 各班の製作ロボット

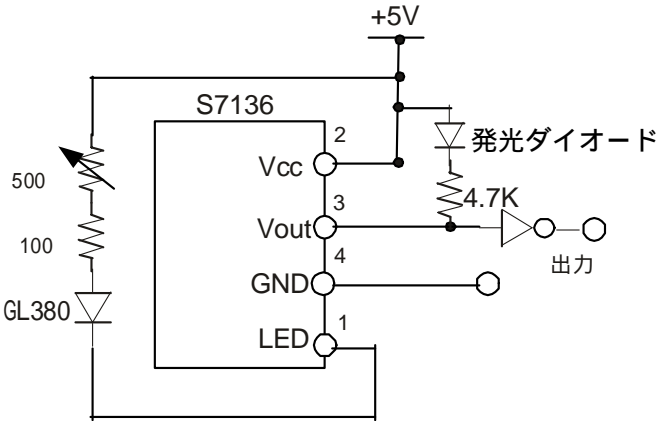


図 1 フォト IC

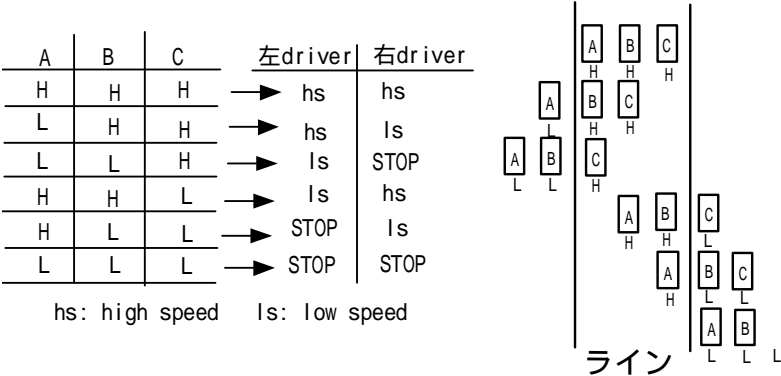


図 2 センサ状況とドライバ選択

れが，真ならば左モータドライバを高速回転，逆に偽ならば低速回転させればよい．また，状況によりモータドライバをストップさせることが必要であるので，図 4 に示すように左ドライバをストップさせる場合を H とする．そしてセンサ出力 A, B, C の結果 Z<sub>1</sub> を図ように対応させるためにはブール代数より B, C の論理積を考えればよい．したがって，左ドライバに関する状況判断による制御回路図は図 5 となる．この図において抵抗値 LL 及び LH は，ここでは説明しないが発信回路における抵抗値の選択を示している．右ドライバに関しても同様な回路を構成すればよく，以上が論理素子およびリレーを利用した判断制御である．次に駆動方式についてはステッピングモータを与えたため各班が図 6 のような回路を構成していた．モータドライバは市販のものでパルスの与え方でスピード調整が可能であり図 5 の結果と発信回路によりパルス信号が与えられる．

A	B	C	Z	選択
H	H	H	H	
L	H	H	H	
L	L	H	L	
H	H	L	L	

$$\begin{aligned}
 & (A \cdot B \cdot C) + (\bar{A} \cdot B \cdot C) \\
 &= (A + \bar{A}) \cdot B \cdot C \\
 &= B \cdot C
 \end{aligned}$$

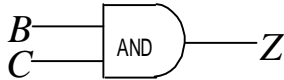


図 3 左ドライバの選択

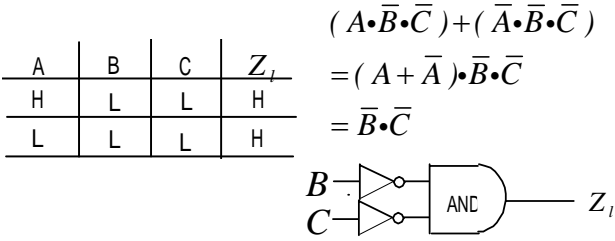


図 4 左ドライバの STOP 選択

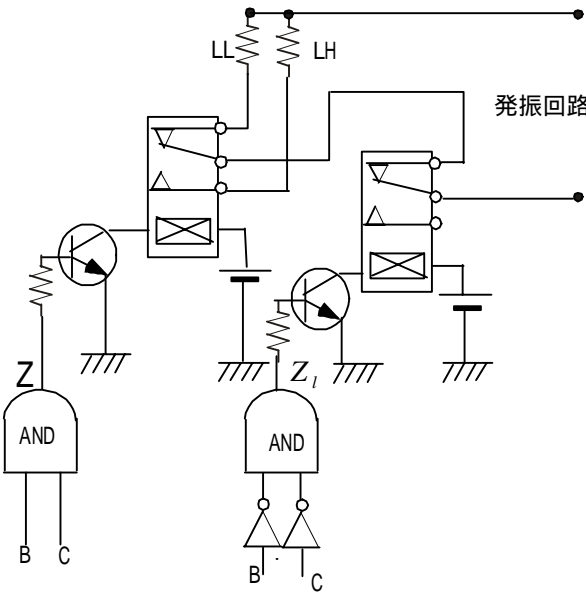


図 5 左ドライバの制御回路

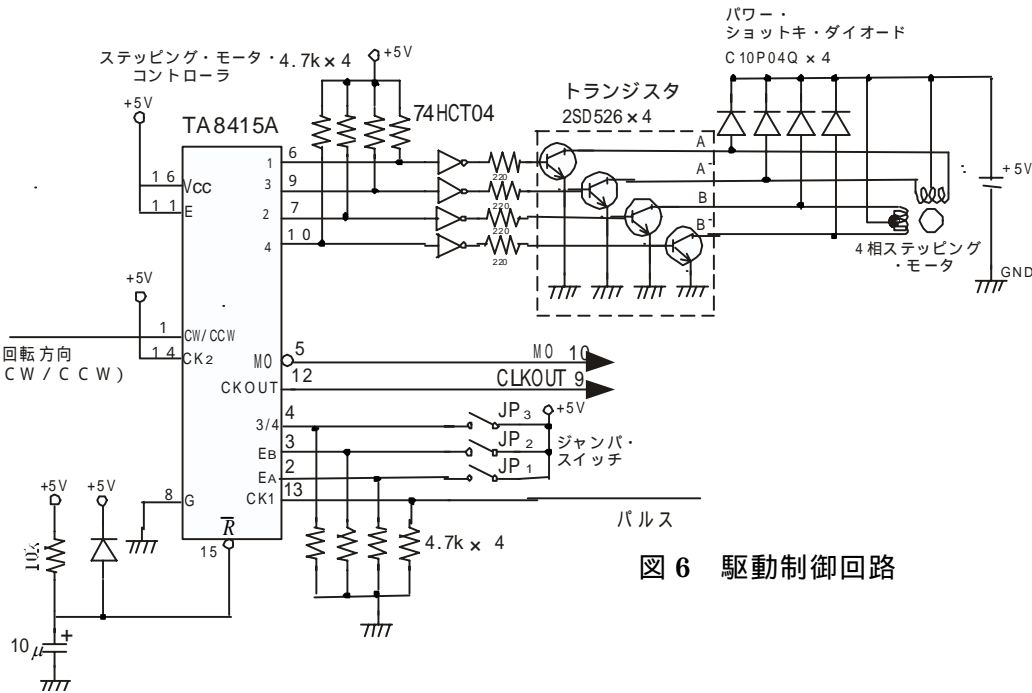


図 6 駆動制御回路



### 3. 3 競技会

競技は、くじ引きでスタートの順番を決め、各班 3 回レースを行い 3 回の内のベストタイムが公式記録である。優勝は 2 班で公式記録は 31 秒であり、3 回とも完走することができた安定度が高いマシンであった。ただ、機能重視で外見には一切こだわらないマシンである。以下、2 位は 1 班、3 班の 2 組で公式記録 33 秒、5 班は 34 秒、4 班は 62 秒であった。2 班以外は 1 回以上コースアウトを冒し、計測不能であった。特に 5 班のマシンは期待されていたが、調整不足から 3 回目のスタートができなかった。半田不良による絶縁でセンサの反応が悪かったようである。各班とも、似たようなロボット構成で結果に差が生じた要因にはモータドライバの速度調整およびセンサの感度調整が起因していると考えられる。結果に関わらず、競技会を開催し賞状および景品を用意することで、学生にやる気と意気込みを与える動機付けとなったようで、座学では見られない学生の直向きさを感じた。

### 4. 実験の効果と課題

今年度は初の試みで、完成せずに大会に望むのではないかと予想されたが、学生の頑張りにより全てのマシンが完走できるまで仕上がった。競技も予想以上に良い結果が得られ、学生の満足度も高かったようである。手探り状態のロボット製作で思った以上に時間が掛かり特別研究などに影響する班もあったが、かなり学生自身成長した感じがした。また、今年のテーマである自律型のロボット製作は電気、電子、制御、機械の複合領域であるので統合的にものを考えるシステム思考が要求され学生自身、多角的に考えながら設計していた様子が伺えた。また、実験終了後、個々にレポート提出を課しているが、各自が反省を含め具体的な改善策を図説しながら走行についての信頼性と高速性について深い考察がなされていた。また、ロボットの整備も機械の性能の一部であるという認識や自らのコンセプトをロボットに与えられる面白さ、優勝への意気込み、完成させた達成感などが述べられており、モノづくりの大変さと充実感が同時に得られたものと考えている。また、問題点としては学生のレポートの中で、渡された資料を参考にしすぎてアイデアが画一化してしま

い独自のコンセプトが不足していたという反省があり、提供部品、参考資料をどこまで学生に情報提供すればよいのか難しく感じた。逆に提供情報が無さすぎると学生の戸惑う時間が増え限られた時間を有効に利用できないと思われる。最後に今後の課題であるが、今年はメインの部品を共通に与えたため、似たようなコンセプトのロボット製作を誘導してしまった。今回の反省に基づき、今回は CPU、DC モータも用意し設計の選択の幅を広げることにより、アイデアの裾野が広がるように検討し、より発展性の高い設計・製作を行えるように準備する必要があると考えている。

### 5. おわりに

本校の専攻科で行われている特別実験について紹介した。工学の複合領域の知識を応用する自律型移動ロボットを設計・製作することでシステム思考を育成し、エンジニアとしての資質とセンスを高め、モノづくりを通して、創造性、問題解決のアプローチの手法、興味や意欲の創出の効果が期待できた。本実験はシステム思考と創造性の育成のトレーニングの場であり、学生は自ら積極的に与えられた課題に取り組み、モノづくりの難しさ、面白さを体験し、同時に論理的な思考と加工を含めてモノを作り上げる技術的、工学的エッセンスを体得できた実践的教育であると考えている。今後、学生達がこの実験で培ったものを特別研究などで大いに発揮してもらえると期待している。

### 参 考 文 献

- 1) 森田，藤田，岡崎，北川，福永：専攻科実験における「もの作り」教育システムの構築 - マイコン制御による自律移動ロボットの設計・製作 - ，高専教育，Vol.20，p208，1997，3
- 2) 横山：やさしいマイコン制御ロボットの製作，シータスク，1997
- 3) 吉田，谷腰，横山：モータ制御&メカトロ技術入門，トランジスタ技術 SPECIAL，No.61，1998
- 4) ロボコンマガジン：オーム社，No.1～No.6，1999

