

学生自身の課題設定による エンジニアリングデザイン教育の実施

月本 功* 曾根 浩平** 富田 泰基*** 高木 正夫*

Engineering Design Education Based on Experimental Subject Advanced by Students

Isao TSUKIMOTO, Kouhei SONE, Taiki TOMIDA and Masao TAKAGI

Abstract

The cultivating human that has the engineering design ability on technical colleges have been very important. Thus, engineering design ability is evaluated in JABEE. Therefore, the engineering experiment base on engineering design was innovated in the faculty of advanced engineering in this campus since 2008. In the group that I would educate, the experimental subjects advanced by some teams have been implemented. In the subject, the planning, design, fabrication, test and verification are performed by themselves. In this report, the procedure of the work and specific example are introduced.

Keywords: Engineering Design, Experimental Subject, Education

1. はじめに

国際的に通用する技術者育成のために設立された JABEE においてエンジニアリングデザイン能力は非常に重要視されている。そこで詫間キャンパス専攻科 2 年の特別実験・演習 II においてエンジニアリングデザイン能力育成のための学生実験を H20 年度より導入している。本実験は、現実の設計・開発の現場において行われる作業工程を経て実験を実施する。

本実験では(1)計画立案、(2)回路またはシステム設計、(3)製作、(4)動作検証、(5)問題発見と解決、(6)報告、の作業を通して、「計画を立案できる能力」、「回路またはシステムを設計できる能力」、「回路またはシステムの問題点を見つけることができる能力」、「役割分担し相互に協力して作業できる能力」、「問題点を解決できる能力、粘り強く取り組む姿勢」を養うことを目的としている。

実験は電子・通信系、制御系、情報系に分かれて実施している。本件は、電子・通信系の実験における実験課題の具体例を例にし、実験内容を紹介する。本実験は原則 1 班 2 名で構成された班毎に学生自身が課題設定・計画立案をし、自ら設計・製作、動作

検証する工学色の強い実験である。

2. 実験方法

2.1 実験の実施段階と培われる能力

本実験は後期の授業で、実験は 1 回 3 時間、週 2 回 15 週 (H22 年度より週 3 回) 行われている。

実験は下記の段階を経て実施され、各段階で培われるデザイン能力は次のようなものになる。

- (1) 課題を設定・計画を立案 (課題設定力、計画立案能力)
- (2) 概要設計仕様を決定 (企画力、制約条件下で解を見出す能力)
- (3) 計画通りに設計 (継続的に計画し実施する能力、チームワーク・コミュニケーション力)
- (4) 計画通りに製作 (継続的に計画し実施する能力、チームワーク力・コミュニケーション力)
- (5) 正常動作するかの検証・評価 (問題発見、問題解決)
- (6) 正常動作したとき、仕様を満たしているか評価 (制約条件下で解を見出す能力、決断力)
- (7) ドキュメント作成 (文書作成能力、プレゼンテーション能力)
- (8) 発表会で報告 (プレゼンテーション能力)

2.2 実験の進め方

実験の作業遂行の流れを図 1 に示す。各作業工程において、簡易レポートに相当するシート類を各課題

* 香川高等専門学校 詫間キャンパス 電子システム工学科

** 四国電線株式会社

*** 株式会社 STNet

指導教員のチェック・確認および承認・押印を受けた後、次の工程に進む。承認は、製品開発等における上司への報告と了承受領の相当している。実験全体の実験チーフ担当教員は原則、承認がなければ、原則次の作業を許可しない。

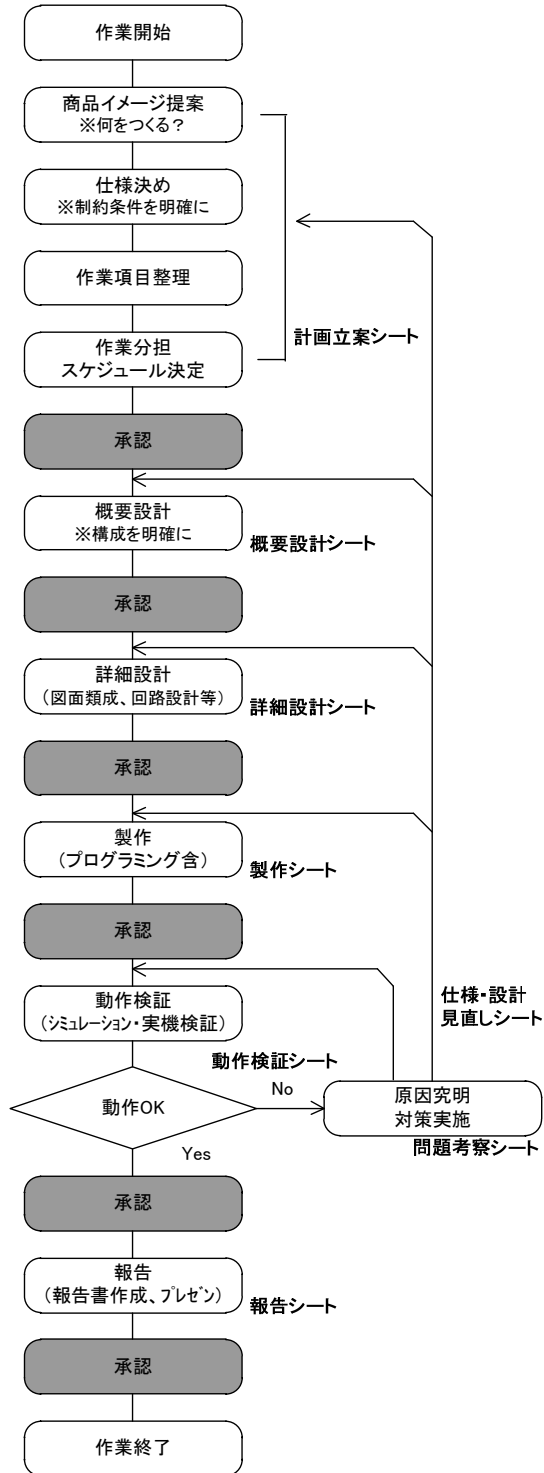


図1 作業遂行フロー

さらに本実験では3回の報告会を実施している。1件目は計画立案の対し、その計画と概要設計のチェ

ックを行う計画発表であり10月末頃実施している。2件目は進捗状況報告会で、最終作業に向けての進捗状況の確認と設計等の見直しの確認を行う。最後に2月上旬に最終報告発表を実施する。

3. 課題設定例

本研究では特に「発生した問題に対する問題解決」はエンジニアリングデザイン能力において重要であると考えている。そのためには適切な課題設定が重要となる。課題設定時には学生が本実験における課題を提案し、担当教員がその内容をヒアリングし、学生・教員がコミュニケーションをとりながら課題を決定する。過去の実験課題表題一覧を表1に示す。なおH23年度No.3の課題は地元企業からの依頼に基づいたものであり、指導教員・企業・学生が連携し、作業を行った事例であり、PBL (Problem Based Learning) に適合する課題である。

H20年度No.3、H21年度No.3、H22年度No.3はソフトウェア開発の課題であるが、それ以外はハードウェアのみ、あるいはハードウェアとソフトウェア開発に関するものであり、電子・通信系としての特色が現れている。

表1 実験課題一覧

年度	No.	課題名
H20	1	有機ELデバイスの製作
	2	食べ物を飲み込むときの喉の動きを確認できる装置
	3	読聞電波専攻科グループウェアの構築
	4	自動追跡ロボット製作
	5	ミニ四駆の制御システムの製作
H21	1	自動走行ロボットの製作
	2	iPhoneを用いた呼吸モニタリングシステム
	3	一次元電磁界シミュレータの作成
	4	有機ELの作製
H22	1	LAN回線を利用したカーテン遠隔開閉制御システムの開発
	2	XPortを使用したローテータ遠隔制御システムの構築
	3	iPadを用いた校内案内アプリケーションの開発
	4	フレキシブル基板を用いた有機ELデバイスの作製
H23	1	電磁式リレーで構築された計算機
	2	SEMの停止検出システム
	3	野菜収穫台車補助機構の開発
	4	KARACRIXを用いた給水装置の遠隔制御
	5	自動車の自動駐車支援システムの動作検証
	6	サンドイッチまな板を用いたカロリー計算システム

本件では題例のうち、H23年度No.5の「自動車の自動駐車支援システムの動作検証」を具体例として、次章以降に作業遂行の詳細を示す。本実験はH23年度指導を担当した実験課題の1つである。本件は提出された各種シートおよびレポートに基づいている。

4. 課題設定と概要設計

4.1 課題設定と計画立案

学生は提案した課題の完成イメージを図2に示す。過去に開発した図3の車体(車長300mm程度)を使用し、その車体実装のコントローラで動作させ車庫

入れを、時速 3km 程度で全自動で行う、である。

動作は前進・左折駐車(図1の破線①)と、前進・右折後のバック駐車(図1の実線1、2)である。

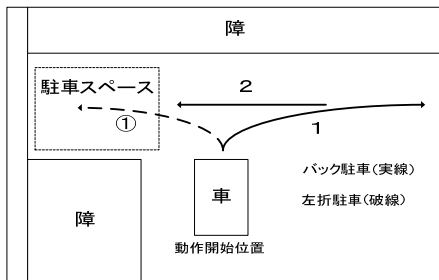


図2 完成イメージ

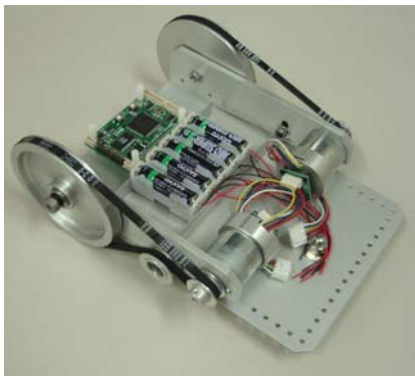


図3 対象車体

提案された課題実現のための主な制約は下記の通りである。課題を実現するためには、こういった課題クリアのための制約は重要である。

- ①地面は水平で段差のないものとする。
- ②屋内での評価のみとする。
- ③障害物や壁はすべての面が平らな直方体または立方体とする。
- ④制御対象は図3とする。

本内容の実現するための計画立案時のスケジュールを表2に示す。スケジュール設定においては、作業分担を決定し、各作業のスケジュール案を検討するとともに、最終的に設計、製作結果を結合し、最終的に評価する共同作業の洗い出しや、発表準備作業に関係した共同作業についても検討している。

4.2 概要設計

作業の次の段階では、4.1節の計画を元に製作実現に向け設計作業を詰める。本課題では、図4のような構成案が提案された。駐車にあたって障害となる対象との距離を超音波センサで感知し、その情報をマイコンで集約してモータを制御することで計画

を実現する案である。図4では超音波センサを計6個使用する構成であった。

本件での設計仕様は、「設定課題における制約条件下において駐車スペースへ駐車できる」、である。

表2 計画立案時スケジュール

月	日	作業内容		
		予定	作業内容	富田(予定)
10	3	(月)	ガイダンス、計画等	
第1回	4	(火)		
第2回	5	(水)		
第3回	10	(月)	計画・概要設計	
第4回	11	(火)	"	
第5回	12	(水)	"	
第6回	17	(月)	"	
第7回	18	(火)	"	
第8回	19	(水)	計画発表会の資料作成	
第9回	24	(月)	"	
第10回	25	(火)	"	
第11回	26	(水)	"	
第12回	31	(月)	"	
第13回	1	(火)	"	
第14回	2	(水)	発表練習	
第15回	7	(月)	計画発表会	
第16回	8	(火)	"	
第17回	9	(水)	"	
第18回	14	(月)	部品の注文	部品の注文
第19回	15	(火)	プログラム作成	プログラム作成
第20回	16	(水)	"	"
第21回	21	(月)	回路作成・プログラム作成	回路・制御作成
第22回	22	(火)	"	"
第23回	23	(水)	"	"
第24回	28	(月)	"	"
第25回	29	(火)	"	"
第26回	30	(水)	"	"
第27回	5	(月)	"	"
第28回	6	(火)	"	"
第29回	7	(水)	"	"
第30回	12	(月)	"	"
第31回	13	(火)	"	"
第32回	14	(水)	"	"
第33回	19	(月)	"	"
第34回	20	(火)	ラジコンに回路取り付け、プログラム作成	ラジコンに回路取り付け
第35回	21	(水)	"	プログラム作成
第36回	22	(木)	"	"
第37回	23	(金)	"	"
第38回	8	(金)	プログラムを書き込み	プログラムを書き込み
第39回	9	(土)	動作確認・問題箇所修正	動作確認・問題箇所修正
第40回	10	(日)	"	"
第41回	15	(金)	プログラム修正、書き込み	プログラム修正、書き込み
第42回	16	(土)	"	"
第43回	17	(日)	中間報告会	中間報告会
第44回	18	(月)	動作確認・問題箇所修正	動作確認・問題箇所修正
第45回	19	(火)	プログラム修正、書き込み	プログラム修正、書き込み
第46回	20	(水)	動作確認・問題箇所修正	動作確認・問題箇所修正
第47回	21	(木)	"	"
第48回	22	(金)	最終動作確認	最終動作確認
第49回	23	(土)	"	"
第50回	24	(日)	完成	完成
第51回	29	(金)	資料作成	資料作成
第52回	30	(土)	"	"
第53回	31	(日)	"	"
第54回	2	(月)	報告会	報告会

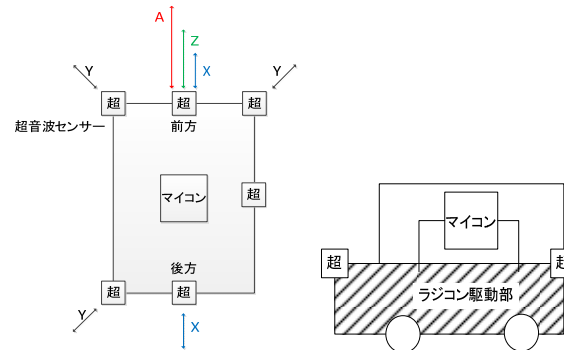


図4 構成案

4.3 構成等の見直し

本実験では、計画発表において課題設定・計画立案および概要設計を相互チェックしている。企業におけるDR (Design Review) の簡易試行にあたり、お互いに違う立場(担当指導以外の教員、学生)から問題点や心配事を点検する場であると考えている。本件においても教員および学生から様々な指摘があった。その一例を下記に示す。

- (1) 目的は駐車を簡単にする支援システムであるが、実証するためのハードウェア(図3)が実際の自動車と合致していない。
- (2) 時間の関係上、前進駐車とバック駐車の両方とも

実現できるのか。

(3)超音波センサは指向性が良くないので目標位置を判断するには適していないのではないかと。

指摘事項に対して検討し、構成等の見直しが学生から提案された。見直し内容は以下の通りである。

(1) 図5のラジコン模型(実車 1/20 スケール)に変更する。

(2)前進、バックの駐車方法は問わない。

(3)構成を図6のように赤外線距離センサへ変更するとともに、制御部をCPLDへ変更する。



図5 実験対象模型

また、全体制御をマイコンで実現する予定であったが、本科の実験で使用経験のあるCPLDでの制御に変更し、構成を図6のように見直した。

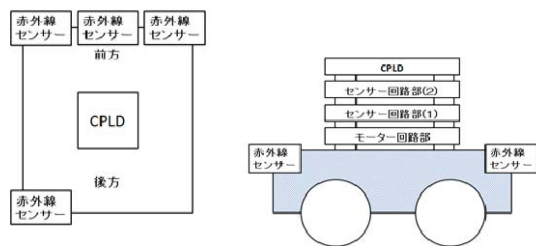


図6 最終構成

制御を行うCPLD部は図7の基板を使用する。H20年度に教育・研究用に本研究室で開発されたものである。本基板のCPLDはアルテラ社製MAXIIシリーズ(EPM750T144)¹⁾であり、CPLDのクロック周波数は40MHzである。テスト用にスイッチ類が5極、LEDが4個実装されている。

さらに赤外線距離センサとしては図8のシャープ製のGP2Y0A21YK²⁾を採用した。本センサは検出対象との距離に応じた電圧が出力されるタイプで、最終的な検出距離調整のため選定した。

構成が決定したので、次に学生による詳細設計および製作の作業に進むことになる。



図7 CPLD基板外観



図8 赤外線センサの外観

5. 詳細設計

5.1 モータ駆動回路の設計

ラジコンカーには、前輪用と後輪用のモータがある。モータはともに単純なDCモータであり、回転方向を制御する必要があることから、モータ駆動回路は図9のHブリッジ型を採用した。

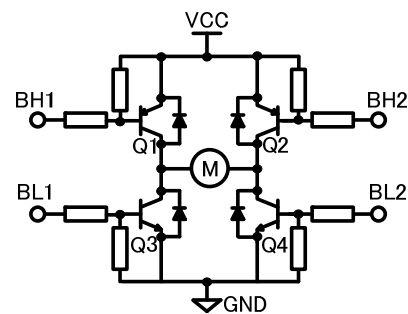


図9 モータ駆動回路の基本構成

図9の4個のトランジスタは、モータに流れる電流を実測し、表3示すトランジスタを選定された。

表3 トランジスタの選定

トランジスタ番号		型番
Q1, Q2	前輪用	2SA950Y
	後輪用	2SA1941-0
Q3, Q4	前輪用	2SC2120-Y
	後輪用	2SC5198-0

5.2 センサ I/F 回路の設計

4 個の距離センサを使用するため、センサの信号を CPLD に取り込むための回路を設計した。設計した回路図を図 10 に示す。センサからの出力はアナログ電圧出力であることから、U3 によるコンパレータで一定距離以上の距離かどうかを判定している。判定距離の設定電圧は電圧リファレンスで生成される 5V を抵抗と可変抵抗により作っている。電圧リファレンスはナショナルセミコンダクタ製 LM336Z-5.0³⁾ を使用している。

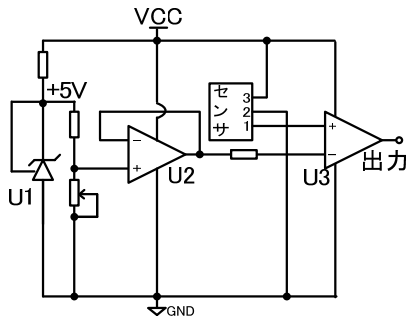


図 10 センサ I/F 回路

5.3 制御回路の設計

CPLD 内の構成を図 11 に示す。前輪モータ駆動は、左折・右折・前進の切り替え用なのでモータは ON/OFF 制御となる。ラジコンカーは速度可変なので、後輪モータは PWM 制御で駆動する。

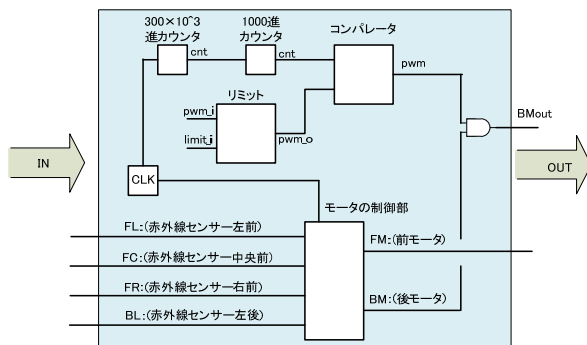


図 11 CPLD 内のモジュール構成

CPLD の回路設計は作成するために、自動車の動作をより詳細に検討した。結果を図 12 に示す。停車スペースは 4 つの障害物で実現し、スタート位置から自動走行を開始する。

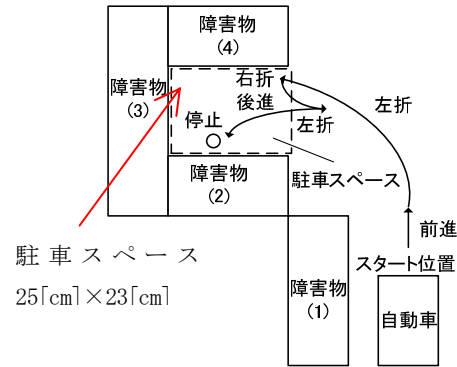


図 12 提案された動作

図 12 をもとに作成した状態遷移図が図 13 である。図 11、図 13 から VHDL で作成した⁴⁾。

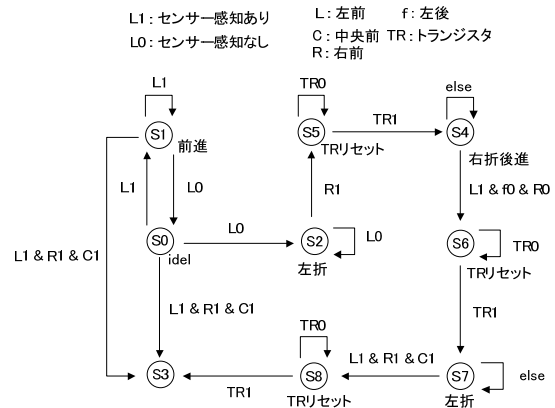


図 13 状態遷移図

6. 製作と動作検証

6.1 各種基板製作と動作検証

製作したモータ駆動基板を図 14 に示す。単体でモータ駆動実験を行った結果、正常動作しなかった。調査の結果、配線ミスが確認され、対策処理により正常動作した。

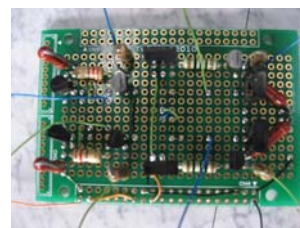


図 14 モータ駆動基板

センサ I/F 基板を図 15 に示す。基板 1 枚にはセンサ 2 個分の回路が実装されている。本基板において基板設計にミスが見つかり、再設計することで正常動作できた。

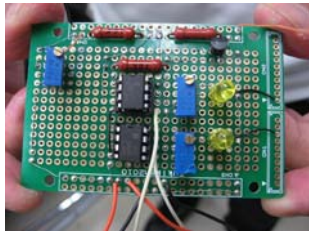
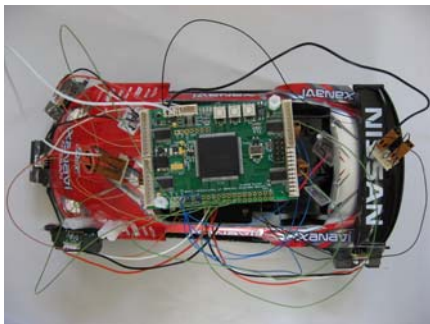


図 15 センサ I/F 基板

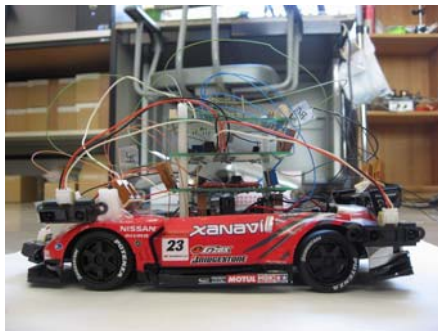
CPLD 基板に実装されたスイッチをセンサからの入力の代替、LED をモータへの駆動指示状態表示に使用し、製作した VHDL プログラムが正常動作するかを検証した結果、動作に問題が生じたが、設計ミスと開発ツールの設定上の問題であることがわかり、正常に動作することができた。

6.2 全体動作検証

ラジコンカーのボディー上部を切り取り、モータ駆動回路 1 枚、センサ I/F 基板 2 枚、CPLD 基板 1 枚を取り付けた様子を図 16 に示す。センサはボディー前面の中央、左右に各 1 個と後部左部に 1 個取り付けられている。



(a) 上部からの写真



(b) 左側面からの写真

図 16 全体外観

単体では正常動作したが、全体では正常に動作しなかった。CPLD 基板からモータ駆動基板と通してのモータ駆動には問題がなかったため、センサ I/F と CPLD 基板の間の問題を想定して考察・調査した。センサ信号が I/F 基板のコンパレータしきい電圧付近と思われる状態で異常が顕著だったことから、調査を進めると、図 17 に示すように、センサ電圧 (V_s)

がしきい値電圧 (V_{th}) 付近でのコンパレータ判定出力 (V_o) が不安定であることが分かった。CPLD 内の回路で対策を行った結果、正常動作できた。

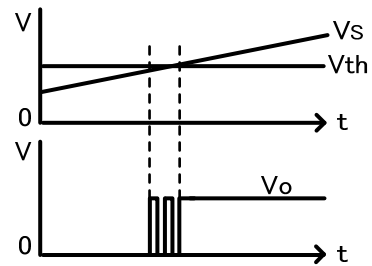


図 17 コンパレータの誤動作

最後に設計仕様を満たしたかチェックを実施した。その結果、10 回中 5 回駐車スペースに停車はできた。100%の成功ではなかったものの「駐車スペースへ駐車できる」という課題はクリアできたと考える。

7. むすび

エンジニアリングデザイン能力は JABEE おいても重要視されており、高等教育機関に対してそのエンジニアリングデザイン能力育成の期待が高まっている。そのため託間キャンパス専攻科 2 年の特別実験・演習 II において、問題発見、問題解決を重視した学生実験を H20 年度より導入している。本実験は、現実の設計・開発の現場における作業工程に準じて実験を実施する。特に筆者の担当する電子・通信系で実施している実験では、実験課題を学生が提案する。

本件では H23 年度実施の「自動車の自動駐車支援システムの動作検証」を具体例として、計画立案から課題達成までに至る作業工程を紹介した。本事例以外にも、自ら関心を持った内容であるため、積極的に取り組んでいる様子が見え、発生した問題も最終的には解決できおり、教育効果は高いと考えられる。

一方課題設定に約 1 か月必要であること、2 月上旬が成果発表であることから、実質 3 か月で設計・製作、動作検証・問題対策および発表を行うため、全体の作業効率をいかに向上させるかが課題である。

参考文献

- 1) “MAXII デバイス・ハンドブック”，日本アルテラ株式会社
- 2) “GP2Y0A21YK データシート”，シャープ株式会社
- 3) “LM336Z-5.0 データシート”，ナショナルセミコンダクタ
- 4) 深山正幸，北川章夫，秋田純一，鈴木正國，“HDL による VLSI 設計—VerilogHDL と VHDL による CPU 設計”，共立出版