

競技用ロボットの設計製作を通じたメカトロ教育

Mechatronics Education through Design and Product for Robot Contest

正 佐藤 拓史 (長岡技科大) 明田川 正人 (長岡技科大) 正 木村 哲也 (長岡技科大)
 平田 研二 (長岡技科大) 正 柳 和久 (長岡技科大) 磯部 浩己 (長野高専)
 正 滑川 徹 (金沢大) 船木 陸議 (日本精機 (株)) 田村 淳一 ((株) ジー・ティー)

Hiroshi SATOH, Nagaoka University of Technology, h-satoh@mech.nagaokaut.ac.jp
 Masato AKETAGAWA, Nagaoka University of Technology
 Tetsuya KIMURA, Nagaoka University of Technology
 Kenji HIRATA, Nagaoka University of Technology
 Kazuhisa YANAGI, Nagaoka University of Technology
 Hiromi ISOBE, Nagano National College of Technology
 Toru NAMERIKAWA, Kanazawa University
 Michitaka FUNAKI, Nippon Seiki Co., Ltd.
 Junichi TAMURA, GT Co., Ltd.

This paper deals with mechatronics education through design and product for robot contest. In Nagaoka university of Technology, department of mechanical engineering, the curriculum producing a robot for the robot contest from 1995 is executed. We improved contents by a curriculum revision of 2004. We developed our original mechatronics board, and changed to the robot production that used this mechatronics board. We composed the basic game course with line crossing parts, corner parts and straight line parts. Since 2004, we execute robot production for the game rule that increased some changes in the basic game course. In this paper, we report on details of 6 years after it changes to present contents.

Key Words : Mechatronics education, Robot contest, Mechatronics board, Line-trace robot

1 はじめに

ものづくり教育、創造教育の関心が高まり、多くの高等専門学校、大学等でものづくり教育を意識したカリキュラムが構成され実施されている [1] ~ [4]。長岡技術科学大学 (以下、長岡技大) の機械創造工学課程においても平成 7 年度より競技用ロボットの製作を行うカリキュラム (機械創造工学設計演習) が実施されている。当初は、与えられたマイコンボードに自作の回路を作成するところから実施していたが、平成 14 年度のカリキュラム改定に伴い、本学教員が開発したメカトロボードを使用する現在の形態に移行した。本稿では、現在の形態に移行してからの 6 年間の経緯を報告するとともに、本講義の特徴とその成果、今後の改善点について報告する。

2 機械創造工学設計演習の概要

はじめに、長岡技大の教育システムと「機械創造工学設計演習」の構造に関して簡単に述べ、背景を明らかにしたい。長岡技大は、当初は、高等専門学校 (高専) の卒業生を学部 3 年生で編入させ、学部 2 年 + 大学院修士課程 2 年 = 4 年の一貫教育を行うという趣旨で設立が企画されたのだが、その後、工業高校・普通高校の卒業生を受け入れることとなった。そのため、学部 3 年では学部 1 年生より入学する学生 + 3 年生に編入する学生が混在することになるが、その大半は 3 年生に編入する高専卒業生である。また、高専の学科編成の変更に伴い、3 年次に編入する高専卒業生の出身学科が多様化している。長岡技大の機械創造工学課程の 3 年次では、その教育的なバックグラウンドが異なる学生が多数混在している。

そこで、3 年次の必修科目としての「機械創造工学設計演習」では、この多様な学生の設計能力 (ひいてはものづくり教育) を

向上させるため、(A コース) 従来からの設計能力を伸ばすコース (主な対象: 高専機械科出身者)、(B コース) 初歩的な設計からはじめるコース (主な対象: 普通高校卒業生)、(C コース) ロボコン競技を通して設計能力をつけるコース (主な対象: 高専電子制御化出身者 + やる気のある者)、の 3 コースを設置している。もちろん、各コースへの配属は希望調査を行い、また学生の教育的背景を考慮し実施している。

3 機械創造工学設計演習 C コース

3.1 C コースの概要

実際のロボット製作では、過去にロボットを製作したことがあり、各作業分野 (機械、電子回路、ソフトウェア) をある程度知っている C コース経験者 (修士 1 年生) 5 名をティーチングアシスタント (TA) として雇い、2 グループに 1 人の TA を補助として割り当てている。

講義は週 2 回合計 3 コマ (1 コマ 90 分) を 4 月 ~ 7 月の 4 ヶ月間で基本講義、ロボット製作、競技会、報告書作成を行っている。できるだけロボットの製作に時間を費やせるよう、はじめの 1 ヶ月間で座学を終えるようなスケジュールとなっている。例年のおおよそのスケジュールを Table 1 に示す。5 ~ 13 週目のロボット製作では TA が担当グループのアドバイザーとなり製作をサポートする。14 週目の競技会で全チームによるコンテストを行い、製作したロボットの優劣を競う。

3.2 これまでに実施した競技内容

平成 14 年度から平成 19 年度までの競技の概要を以下に示す。詳しい競技内容は文献 [5] を参照されたい。

平成 14 年度 プロジェクト C ~ 米百俵を運び込め ~

三根山藩を出た米俵を積んだロボットはできるだけ早く信濃川を上り、長岡藩の城下町のラインクロス部分および

長岡城に、予めロボットに搭載している米俵を置き得点を競う。

平成 15 年度 Emergency! Kindergarten ~園児を捕まえる!~
公園の中央からスタートしたロボットが公園内にある園児達を散歩道を通してバスまで連れて行き、その園児の人数と通った経路を得点に換算して得点を競う。

平成 16 年度 Treasure-Hunting ~卒業に向けての思い~
町の外れからスタートしたロボットを通りを移動しながら女性に声をかけ、パーティーのパートナーとなる三人の女性をロボットに乗せて会場に向かう。それぞれタイプの違う三人をピックアップすることを条件とし、会場までの経路と時間を競う。

平成 17 年度 Get more Credit ~上げる成績 単位を取れ!~
ロボットは、大学をモチーフにしたフィールド上をライントレースにより移動し、様々な場所に置かれた単位を取得する。規定の単位を取得して事務を持っていけば無事卒業となる。各チームは取得単位数、卒業の速さを競う。

平成 18 年度 セルゲーム Cell's Game ~Z 戦士を集める!~
ロボットは、神の神殿をモチーフにしたフィールド上をライントレースによって移動し、様々な場所にいる Z 戦士を集める。一人以上の Z 戦士を集めてセルゲーム会場に行けばゴールとなる。各チームは合計戦闘力、会場までのスピードを競う。

平成 19 年度 会議だよ全員集合!!
ロボットは、大学をモチーフにしたフィールド上をライントレースにより移動し、会議に来ていない教員達を会議室へ集める。運営上会議には進行役となる教授以上が必要となるので一人は必ず教授または学長を連れてこなければならない。また、教授(学長)一人では会議が成り立たないので、准教授または助教も一人以上連れて来なければならない。この条件を満たし会議室へ到着できればゴールである。各チームは教員の合計得点、会場までのスピードを競う。

ロボコン競技において競技内容はロボット製作の難易度やモチベーションに関わる重要な事項であると考えられる。本講義では、受講する学生が興味を持って取り組んでもらえるよう、テーマ設定や競技ルールを TA を含めて行っている。

4 設計演習 C コースの特徴

4.1 メカトロボードの開発

Table 1 に示したように、実際のロボット製作に費やす講義時間が限られていることやコスト面の問題、利便性向上の観点から、CPU、モータードライバ等を含むメカトロボード(N. U. Board)を開発した。その概観を Fig.1 に示す。基板サイズは 130 [mm] × 100 [mm] とコンパクトにまとめている。メカトロボードの仕様を Table 2 に示す。

プログラム環境として、Windows 上で動く GUN C Compiler を利用している。また、スイッチ類はプログラムによりその用途を任意に設定できるようになっている。

同時にライントレース用の赤外線 LED と変調型フォト IC を搭載したセンサボードも開発した。その概観を Fig.2 に示す。各班で使用できるセンサボードは、赤外線 LED と変調型フォト IC 1 組を搭載した基板 2 枚、3 組を搭載した基板 1 枚までとなっている。

このように、本講義で製作するロボットの基本部分を共通化

Table 1 Schedule

週目	内容
1	ガイダンス, 班分け, コース別ガイダンス メカトロボードの使い方
2	C 言語の基礎 CPU の基礎
3	アクチュエータ システム設計
4	センサ 工作センタの利用法と注意
5~13	ロボット製作
14	競技会 (7 月中旬)
15~16	報告書作成

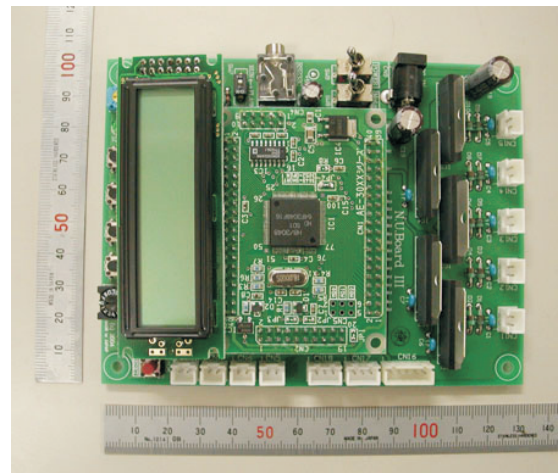


Fig.1 N. U. Tech Universal microcomputer Board

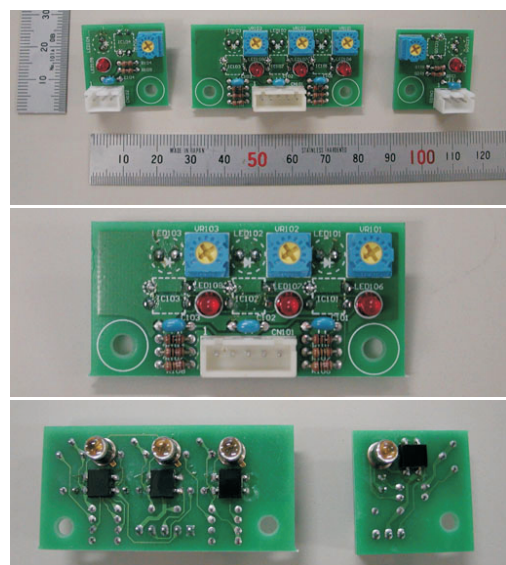


Fig.2 Sensor boards

Table 2 Specifications of N. U. Board

CPU	H8/3048F (日立製)
表示用 LCD	16 文字 × 2 行
PWM-DC モータドライバ	5 ch
フォトセンサ コネクタ	3 ch
リミットスイッチ コネクタ	4 ch
16 進ロータリースイッチ	1
プッシュボタン	4

することによって、各班で電子回路の差がでにくいようにしている。

4.2 基本競技フィールド

競技内容は 3.2 節で示したように毎年変更されているが、基本となるコースは毎年同様なものを使用している。基本コースの概略を Fig.3 に示す。競技フィールドは縦 1800 [mm] × 横 2700 [mm] の大きさで、表面を黒色に塗装し、ビニールテープによる白ラインで構成されている。格子状のラインクロス部分、半径 175 [mm] の円弧が連なって構成された部分などが盛り込まれており、ライントレース競技として見てもアルゴリズムの優劣が勝敗を左右するようなコース設定となっている。円弧部分の始まりと終わりを認識させるためのマークが全ての円弧部分に設置されている。

毎年この基本コースにラインを付け加えたり、パーツを付加するなどの小変更を施し使用している。例えば、平成 14 年度では、Fig.3 の左上のマス目からスタートし、左下の格子部分にゴールが設定されていた。また、平成 19 年度では、逆に格子部分にスタート地点が設定されており、左上のマス目にゴールするといった具合である。このような形態で実施することにより、競技内容を設定する教員側からすると競技ルールに面白みを盛り込むことが可能で、ロボコン競技にありがちな競技フィールドの作成が軽減できる。また、前年度の競技結果や問題点を踏まえ、競技内容の難易度設定を見直すことができる。

4.3 ロボットが扱う対象

本講義で製作するロボットの基本的なパーツは、独自に開発したメカトロボードやセンサボード、市販のメカトロ用パーツを使用するため、ライントレースを行うための基本部分には各グループでの差が出にくい。そのため、本講義の目的でもある「ものづくり」要素を反映させるために、C コースで作成するロボットは単にライントレースを行うばかりではなく、何かにたとえたフィルムケースを回収、運搬などをするということを競技ルールに取り入れている。例えば、平成 17 年度では、単位に見立てたフィルムケースをライントレースを行いながらロボットに取り込み、所定の場所までフィルムケースを運搬するといった具合である。フィルムケースの取り込み機構の考案・設計・製作を通して「ものづくり」の本質が学べると考えている。

5 機械創造工学設計演習の成果と今後の改善点

5.1 完成ロボットの一例

これまでに製作されたロボットの一例を Fig.4 に示す。

毎年いろいろな機構を持つロボットが製作されるが、扱う対象のフィルムケースを回収し運搬するような競技内容では取り込み型のロボットの製作数が多い。その取り込み方法も多岐にわたり、ローラやベルトを使って取り込むロボットや、アームを

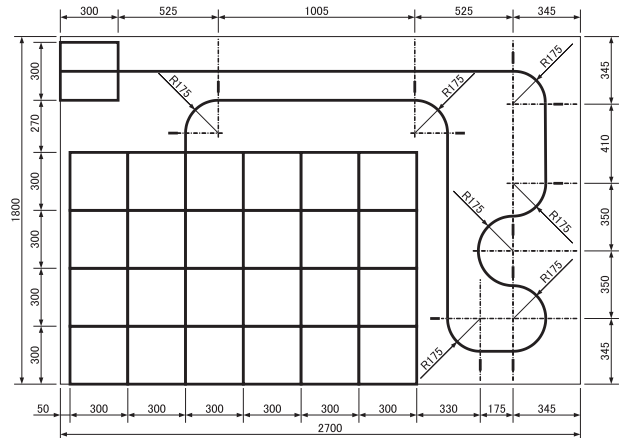
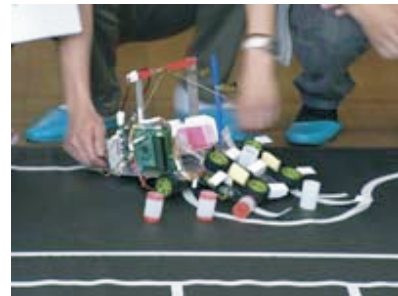
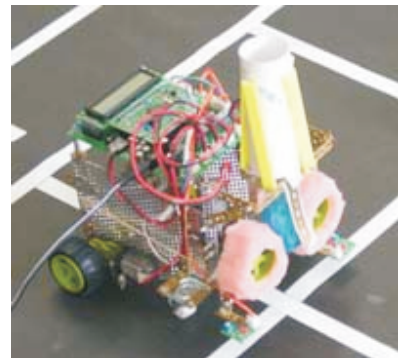


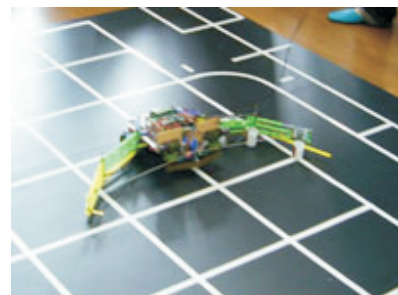
Fig.3 Basic contest field



(a) Robot A



(b) Robot B



(c) Robot C

Fig.4 The examples of the robot

Table 3 Contest results

年度	チーム総数	1班の人数	完走チーム数	完走率
H14	5	5~6	1	20%
H15	10	2~3	10	100%
H16	10	3	5	50%
H17	10	2~3	5	50%
H18	11	3	7	63%
H19	11	3	6	54%

使って取り込むロボットなどが製作される。競技内容によっては一攫千金を狙える場合もあり、各グループのアイデアの見せ所でもある。

5.2 競技結果

平成14年度～平成19年度までのチーム構成と競技結果をTable 3に示す。平成14年度は1チームのメンバーを5～6名で構成していたが、平成15年度からは1チームのメンバーは2名ないし3名としている。これは開発したメカトロボードやセンサボードを使用することによって、平成13年度以前のような電子回路の設計まで行う必要性が薄れ、ロボットの機構開発(ハード面)とアルゴリズム開発(ソフト面)のみになってしまったため、大人数では作業の分担にアンバランスさを欠き、実質ロボット製作に関わらない学生が出ないようにするためである。

平成14年度は5チーム中1チームのみの完走であり、完走率が20%であった。翌年度は、それをふまえ競技内容の難易度を下げたため、全チームが完走する結果となった。このことは、4.2節でも述べたように、競技フィールドは変更しなくても、競技内容を変更することで難易度の調整が容易に行えることを実証しているといえよう。しかし、それ以降の完走率は50～60%程度であり、満足する結果までは至っていない。これは、受講する学生のレベルが年々低下していることも関係しているかもしれないが、ロボット製作に対するスケジュール管理の甘さが大きく影響しているものと思われる。このため、平成17年度と19年度にはTAによる進捗評価グラフを作成させ、各グループに客観的な進捗度を提示することで、スケジュール管理の重要性を理解してもらう工夫をした。

理想的にはスケジュールの後半で平らな進捗度が望ましいが、多くのグループが後半に追い上げる形の進捗度を示す。実際、ロボットの製作に相当の時間を費やしているにも関わらず、ロボットの調整に十分な時間を費やしていないためにコンテスト当日のちょっとしたコンディションで完走できなかつたり、トラブルに見舞われるケースがこのような完走率を物語っている。

5.3 タマサート大とのロボコン競技交流

平成13年度より、長岡技大との学術協定校の1つであるタイのタマサート大とのロボットコンテストを行っている。長岡技大からは機械創造工学設計演習Cコースで行った競技結果で、上位にランキングされたチームが参加し対戦を行う。

このロボコン競技交流の経緯は、国際協力事業団(JICA)によるタマサート大の工学部拡充計画の一環として本学教員が派遣され、トレースロボットの技術指導を行ったことをきっかけに、同計画で完成した両大学間の双方向会議システムを利用してロボットコンテストを行っている。

対戦初期の頃は、長岡技大の勝利であったが、近年はタマサート大が圧倒的に勝利している。

5.4 今後の改善点

受講生の満足感・達成感を感じてもらうには完走率の向上が必要であると思われる。自分達で製作したロボットが意図したように動き、完走できれば受講生の満足感・達成感は満たされるのではないだろうか。そのためには、5.2節で述べたように、スケジュール管理の重要性を理解させ、ロボット調整に十分な時間を費やせるスケジュール管理を行わせる必要がある。この一つの方法として、進捗評価グラフは効果があると思われるが、実際の製作過程でどのように利用するかは今後の課題である。

また、熱心にロボット製作を行う学生がいる中で、ロボット製作に対する意欲の低い学生も目立つようになってきている。Cコースの初期の頃から比べると、空き時間を利用して製作や調整を行う姿が少なくなってきているようである。Cコースでは、他では類を見ない他大学とのロボコン競技会が実施されており、この対戦が受講学生の製作モチベーションに繋がるような実施形態の改善も必要である。

6 おわりに

本稿では、長岡技大の機械創造工学課程におけるロボコン競技を通じたメカトロ教育について報告した。機械創造工学設計演習では、独自に開発したメカトロボードと基本コースを使用するという独特の形態でメカトロ教育を行っている。このような形態で実施することにより、受講学生はロボットの機構製作やプログラム開発に注力することができ、短期間での実施が可能となった。しかし、ロボコン競技の完走率が50～60%程度と低く、受講学生の達成感が満たされているのかどうか疑問が残る。今後は、完走率100%を目指して、実施方法等の改善を行うことが求められる。

本講義の実施にはTA諸氏の協力があったこそ成り立つものであり、ここに感謝の意を表します。

文 献

- [1] 大澤淳司, 奥川雅之: 創発的なものづくりリテラシー教育活動報告, ロボティクスメカトロニクス講演会2007講演会論文集, 1A1-G07, (2007)
- [2] 佐藤雅紀, 石塚誠, 松尾貴之, 園田隆, 石井和男: 小型全方位移動ロボットを用いたメカトロ教育プログラム, ロボティクスメカトロニクス講演会2007講演会論文集, 1A1-G10, (2007)
- [3] 野田幸司, 栗原慧, 武田澄子, 西迫亮一, 長谷川寿雄, 濱田隆裕, 南野裕之, 安藤吉伸, 水川真, 春日智恵: ライントレースロボットを題材としたメカトロ教育プログラムの開発と実施結果-2006年度創成科目における実施報告-, ロボティクスメカトロニクス講演会2007講演会論文集, 1A1-H11, (2007)
- [4] 川谷亮治: 自立移動型ロボットを対象としたメカトロ教育, 第8回システムインテグレーション部門講演会論文集, pp.175-176, (2007)
- [5] <http://sessyu.nagaokaut.ac.jp/~b3design/index.html>
- [6] 明田川正人, 木村哲也: ロボコン競技を通じたものづくり教育, 設計工学, Vol.40, No.11 (2005), pp.564-567