問題解決力養成のためのロボットコンテスト

A Robot Contest for Teaching Problem Solving

苗村 潔^{※1}
Kiyoshi NAEMURA

1. はじめに

ロボットコンテスト（ロボコン）は問題解決力や創造性を養成するのに有効とされ、大学教育に取り入れられる例が多い^{1), 2)}。多くの場合、ロボットや制御系の学科での実施で入学者の高校までに獲得した素養や教育課程を考慮して、ロボコンを総合的な演習として位置づけている。

東京工科大学では2003年（平成15年）に従来の機械工学、電子工学、化学工学などの縦割りの学科構成を発展的に改組し、地球環境保全、健康長寿のために生物に学ぶ技術開発という目的指向型のバイオニクス学部（定員360名）を開設した。問題を発見し、解決する力を養成することが1つの目標とされた。学部には学科の区別がなく、3つの系という形で教育課程が整理され、学生は各自の目的に応じて履修科目を選択できるようになった。1つの系としてロボティクス系がつけられた。図1に示すように、1年次は一般教養を中心に講義と実験が組まれ、2年次以降に専門科目が配置された。4年次の卒業課題により、問題発見、解決の流れを学ぶ。2年から3年前期までのロボティクス系実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは理論の検証、器具使用の習熟に力点がおかれ、全員が同じ結果を得ることを目指している。具体的には、電気電子回路の実験や機械製図と工作機械の実習などをおこなった。ロボティクス系実験Ⅳは著者の他に2名の担当教員がそれぞれのテーマで実験を用意し、学生は希望する1つのテーマを受講した。他の2テーマは、PICマイコンを使ったライントレースロボットの製作、画像処理による動体計測であった。問題を解決する力を養うのに、さらに必要な

図1 カリキュラムの概要とロボットコンテストの開催時期

平成23年8月8日受付

※1 東京工科大学

ことは、独自の結果（答え）を出すことにありと考え、著者はロボティクス系実験Ⅳを担当するにあたり、ロボコンを導入することとした。

2005年から2008年の4年間、合計100名を対象に実施してきた。1年間平均25名が本実験を選択した。受講生の中には学内のロボット研究部に所属している学生もいたが、ほとんどがロボット製作の未経験者であった。本報告では、ロボコン実施内容と学生が製作したロボットについて述べる。

2. 実施方法

前章で述べたバイオニクス学部の経緯を考慮すると、ロボコンの実施に際し、1) 独自のロボット製作のためのヒントが得られる導入の内容、2) 単純明快なロボコン課題とし、工作経験によらず製作可能な内容を重視した。

12週間の実施期間を前半6週と後半6週に分けた（図2）。前半は個々に本を見ながら様々なロボットを製作し、具体的なイメージを持たせるようにした。後半は2人で1班とし、班で1つのロボットを製作し、最終回でプレゼンテーションした後で、ロボコンをおこなった。

2.1 前半6週の導入教育

安価なプラスチックパーツを使ったロボット製作について書かれた書籍³⁾をテキストとして使用した。

回	内 容	実施形態
1	タミヤ工作パーツによるロボット工作 途中の1回はモータトルク計測実験	個人
2		
3		
4		
5		
6	ロボコン課題説明、構想計画 構想発表会（パワーポイント） ロボコン用ロボットの製作 プレゼンテーション、ロボコン、片付け	2人で1班
7		
8		
9		
10		
11		
12		

図2 実験の各週の内容

	第1段階	第2段階	第3段階
移動する	キャタピラ	6足歩行	ステアリング
運ぶ	筒持ち	マジックハンド	シーソーアーム 粘着アーム リンクアーム 回転アーム 平行アーム 包み込み
蹴る	プラ材	ハンマー	スライダー 羽回転 ヒッチング 輪ゴム
使用パーツ	4種類	7, 8種類	9種類以上

図3 前半6週間の導入教育で製作したロボットの製作順

使用するパーツの数が少ないものから始められるよう、図3のように第1段階から第3段階に分けて製作を指示した。学生にはチェックリストを渡し、ロボットが完成したときにはティーチングアシスタントの大学院生に動作確認を受けてもらった。6週終了時に必ず第2段階まで終了するよう全員に指示し、各回4時間(13:30~17:30)の使い方を自己管理させた。

使用した書籍は写真入りでわかりやすいものを選択したが、実際に製作すると、ねじの位置、板の大きさなどの詳細が書かれていないため、自分で考える必要があった。学生には書籍に従うだけでは製作が完了しないことと、ロボット製作過程において書籍だけではわかりにくかった点について図やメモをノートに書くよう指導した。毎回の実験終了時に、教員とティーチングアシスタントがノートをチェックした。ノートには、作業内容と気づいた点、次週の目標について記述してあるか確認し、図は大きく書くように指導した。

ロボット工作だけではギヤ比とトルク、回転速度の関係を把握できないので、途中の1週分の時間はモータトルクの計測実験をおこなった。具体的には、ギヤボックスの出力軸に半径 r [m] の円板をつけ、おもりを巻き上げる装置を任意の2人で1つ製作し、おもりの重さ W [N] に対して、一定の長さ L [m] の糸を巻き上げるのに要する時間 t [s] を測定した。得られた結果から下式より、トルク T [Nm] と回転数 N [rps] を求め、グラフ作成と最小二乗法による直線近似式の導出をレポート課題とした。

$$T = W \cdot r \quad \text{式1}$$

$$N = \frac{L}{2 \pi \cdot r \cdot t} \quad \text{式2}$$

2.2 後半6週のロボット製作

ロボコンは、ピンポン球(直径38mm)を回収して運び、筒状のゴールに入れるという課題である。競技場は1.6m×3.6mの大きさで作業机(0.8m×1.8m)4つを並べてつくった(図4)。競技場の外周にはピンポン球が落ちないようにするため工作用紙をはりつけた。ゴールは外径76mm、内径72mmの塩化ビニール製パイプ

図4 ロボコンで使用した競技場(ロボットAは右下のゴールを、ロボットBは左上のゴールを目指す.)

を3本、高さを変えて用意した。高さは250mm, 200mm, 150mmとし、高い方から得点を3点、2点、1点とした。ロボットは相手のゴール前からスタートし、ボールエリアにある10個のピンポン球を集めてゴールに向かう。ボールエリアには、たこ糸で直径200mmの円を1つ作成し、ピンポン球が散らばりにくくした。競技時間は3分間とし、先に全てのピンポン球をゴールした場合、その時点で競技終了とした。総当りのリーグ戦をしてから上位チームによるトーナメントをおこなった。ロボットは複数台に分離しないこと、故意に相手の動きを妨害しないことを基本とし、電池3V、有線のリモコンは4チャンネルまでとした。

2人の班は学籍番号で順に組んだ。前半のモータトルクの計測実験とは必ずしも同じ2人で組まなかった。課題発表の後、班で戦略と概念設計、作業計画をたててもらった。アイデアを確認するための試作も積極的におこなうよう指示した。班で相談した結果を次の週に担当教員、ティーチングアシスタントの前でプレゼンテーションしてもらった。はじめのアイデア通りでロボットを完成させるには経験が必要なことと、ロボコン中に動作不良になると不戦敗となることを説明し、早くロボットを製作して動作確認することと、ギヤ比の選択に注意を払うこと、操縦練習の時間を確保することを周知した。第9週から11週は班ごとの作業で、随時個別に相談に応じた。11週までにロボットが完成しない班には、実験日以外にも作業させた。最終の12週は、はじめに製作したロボットについて、戦略、目標、概念設計、製作したロボットの説明とロボコンに向けての課題についてプレゼンテーションし、ロボコンの実施、ロボットの解体をおこなった。ロボコン終了後に使用した工作パーツを種類で分別し、片付けることも教育した。

2.3 レポート課題

4種類のレポートの提出を求めた。1つ目はモータトルク計測実験に関するものとし、ギヤ比に対する理解を深めてもらった。2つ目は導入教育でのロボット製作に関するもので、本記載のロボット1種類につい

て独自の製作説明書作成とした。これは受講生が将来、就職したときに取扱い説明書を作成する可能性を考慮したものである。残り2つは先に述べたロボコン用に作成したプレゼンテーション2回分の資料である。

2.4 評価方法

実験の最初に、ロボコン優勝者および導入教育で学ぶロボットとは異なる独創性の高いロボットを製作した学生については、最高評価の成績をつけることを説明した。一方で、導入教育のロボット製作について6週目終了時点で第2段階まで到達しない学生には追実験させて第2段階まで製作終了させるとともに、時間の自己管理が不十分なので減点することを説明した。以上の点を実験の前に説明することで、学生はロボコンに優勝することか独創的なロボットを製作するかの目標設定を真剣に考え、試行錯誤するようになり、工作経験が全く無かった学生でも6種類のロボットを完成させる能力と達成感を得られるよう配慮した。

(i) ピンポン球の回収機構 (2年ごとの割合 (上2つ) と4年間の合計 (下))

図5 学生製作のロボットが使用した機構の割合

3. 結果

学生が製作したロボットのピンポン球を回収する機構、ゴールに入れる機構の割合について図5に示す。ピンポン球を回収する機構については、2005年と2006年の2年間、2007年と2008年の2年間での割合も示す。回収機構は筒持ち、羽回転が大半を占めた。その他の中には、リンク機構を利用した囲い込み型ロボットもあった。ゴールに入れる機構はラダーチェーン、アームで70%以上を占めた。アームとは図6のように回収

筒持ちによる回収機構とアームによるゴール機構の例

ラダーチェーンによるゴール機構の例

リンクによる回収機構

図6 学生が製作したロボットの例

図7 ロボコン1 試合平均得点のゴール機構による比較

したかごをそのままゴールに入れるものである。ロボコンでの1試合の平均得点を、ゴールに入れる機構で学生が選択した割合の高い2機構で比較したものを図7に示す。30点満点であるがアームを使用すると平均得点が高いことがわかる。

ロボコン用のロボット製作について、学生は指導に従って、早期に形にして操作練習をおこなっていた。その結果、ねじの止め方がゆるいところがあり、修理していた。しかし、年に1台ほどはロボコン中にねじが外れる例が見られた。

50台のロボットが製作されたが、動作不良でロボコンの際に得点できなかったのは5台(10%)で、問題を解決できる能力養成という目標を完全に満足することはできなかった。ロボコンの際に得点できなかったものは、班内のコミュニケーションが不十分で、ピンポン球を回収する機構とゴールに入れる機構を別々に製作し、ピンポン球の各機構間での受け渡しがうまくできていない場合や、工作経験の少ない2人が組んだときに生じた事例であった。

4. 考察

4.1 ロボコンロボット製作の進め方

ロボコン用のロボット製作となっても同じ実験室内で全員が作業した。その結果、他の班のアイデアも見え、お互いに違うものにしようと工夫する者もいたが、類似した機構が実施期に偏る傾向があった。完全に異なるロボットを目指すなら互いが見えないようにする必要があるが、他の班と自分達の進み具合の差を意識することで、作業が速くなるメリットが大きかった。

4.2 指導の仕方

ものづくりの経験に差が大きい本学部の学生への指導は、時間をかけて取り組む内に慣れる教材を選定し

て、各自に試行錯誤させる方針をとった。その結果、学生はねじ止め、穴あけ、切断に次第に習熟していった。実際に手を動かした結果が、目で見えるので、全員自発的に工作していた。

最初の2年間は学外の大学院博士課程の学生に実験講師を担当してもらった。後半の2年間は、先の2年でロボコンを受講した学生の中で大学院に進学した者をティーチングアシスタントに採用した。心がけたのは、受講生と年齢が近いことで、気軽に相談できる雰囲気的大事にし、うまくいかないという相談には解決案をアドバイスするにとどめた。担当教員はレポートや発表内容に対して基本的な作成法を指導し、ロボットのアイデアについては予想される困難を疑問として投げかけ、学生に解決法を考えるよう促した。

4.3 製作するロボットの傾向

図5に示したように、ピンポン球を回収する機構について、羽回転は2005～2006年受講生の35%、2007～2008年受講生の13%で製作され、筒持ちは2005～2006年受講生の27%、2007～2008年受講生の58%が採用した。年度によって異なった理由について、羽回転と筒持ちの導入教育での位置づけから考察する。筒持ちは導入教育の第1段階で実施するので、使用パーツが少なく、全員が製作している機構である。羽回転は使用パーツの多い第3段階での実施としたので、全員が導入教育で製作したわけではない。よって、2005～2006年受講生の方が、使用パーツの多くなる機構を選択したことになる。入学年度が最近になるにつれて、使用パーツの少ない機構を選び、短時間で製作を終わらせようとする姿勢が現れているとも考えられた。

4.4 授業評価アンケートの結果

本学部では全ての講義、実験について学生による授業評価アンケートをおこない、講義、実験の改善のための一助としている。アンケートは質問項目に対して5段階評価とし、5が「非常に良い」ので点数が高いほど、学生の評価は高いことになる。総合評価について、本ロボットコンテストと他のロボット、メカトロニクス関連の実験の平均値を比較すると表1のようになった。決められた内容で、全員が同じ結果を得ることが目的の実験の評価が3.4であるのに対して、本ロボットコンテストのように問題解決力養成に主眼があり工作が中心のときに評価は3.9であった。多くの学生にとって、有意義であったと考えられる。

表1 学生による授業評価アンケート結果(5点満点)

実験内容	他のメカトロニクス関連	ロボットコンテスト
総合評価の平均値	3.4	3.9

5. 結論

バイオニクス学部におけるロボコンを取り入れた教育について述べた。本カリキュラムで使用したプラスチックパーツは、学生の工作经验によらず、独自のロボット製作が可能な教材であった。4年間で50台の異なるロボットが製作され、受講生の問題解決力の養成、独創性を喚起する上で有効であった。問題解決において、技術の組み合わせ、共同作業の重要性を教育できた。12週の実験期間の内、前半の6週間で本に記載のロボットを全員共通に製作してもらったことが、ロボット製作がはじめての学生にとって効果的であった。

課題は、必要なトルクの見積もりとギヤ比の選定などの設計法、ロボット製作の作業内容のノートへの記録法の指導に工夫が必要な点である。

謝 辞

カリキュラムの全体設計は、大山恭弘教授、橋本洋志助教授（現在、産業技術大学院大学教授）が中心となっておこなわれた。実験講師の古屋耕平氏（現在、中央大学理工学部助教）、ティーチングアシスタントの河村勇太君、藤沢敏幸君、中島健太郎君、福嶋勇太君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) Eugène C : How to teach at the university level through an active learning approach? Consequences for teaching basic electrical measurements, Measurement, 39-10, pp.936-946, 2006
- 2) Matsuo Y : A hands-on subject featuring robot competition aiming at team creativity, J of JSEE (工学教育), 54-2, pp.21-29, 2006
- 3) 城井田勝仁：タミヤ工作パーツで作るロボット工作ガイドブック, オーム社, 2003

.....

著 者 紹 介

苗村 潔

平成10年に東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻博士課程を修了し、博士（工学）を取得。東京大学助手、東京女子医科大学助手を経て、平成15年より東京工科大学講師、その後、准教授となり現在に至る。専門は医工学、臨床工学技士の養成。日本機械学会、日本生体医工学会などに所属。 nae@hs.teu.ac.jp