

秋田高専におけるロボットコンテストの取り組みと課題

第2報 二足歩行ロボットの改良と活動体制の強化

小林 義和・西野 智路・田中 将樹
増田 周平・岡部 克利・辻 尚史

Robocon Activities in Akita National College of Technology Part2: Improvement of Robot Components and Reorganization of Robocon-Team Activity

Yoshikazu KOBAYASHI, Tomomichi NISHINO, Masaki TANAKA,
Shuhei MASUDA, Katsutoshi OKABE and Naofumi TSUJI

(平成23年11月25日受理)

In this paper, we describe an outline of robocon team activities which participated in NHK Kosen Robocon competition in 2011. In order to improve the robocon team activities, repaired the components of walking robot and developed the remote control circuit and motor drive circuit. Moreover, we have received much support from the technicians and students who did not join the robocon team. Survey's result applied for the students, indicate that the percentage of responsibility, application skill and cooperation ability become relatively larger than that of the survey's result of last year.

1. はじめに

高専ロボコン（アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト）は、全国から57校62キャンパスの高等専門学校が参加する教育イベントで、1988年から始まり今年で24回目となる大会である。これまで本校は、第1回大会を除く23回の大会に参加し、5回の全国大会出場を果たしている。しかし、2006年に東北地区大会で優勝してからは全国大会への出場ができていない。

2011年10月に八戸市で開催されたロボコン東北大会においても、残念ながら、一回戦敗退という結果であった。しかしながら、前報⁽¹⁾の反省をもとに、情報収集、活動体制の見直しやロボコン部員以外の学生の支援協力など様々な取り組みを行った結果、前年度の問題点を改良でき、ロボコン担当の教員、技術専門職員のみならず、ロボコンに携わっていない教員、ロボコン部員以外の学生も含めた幅広い協力も得て、ロボット製作ができた。

これまで著者らは、ロボットコンテストに関連した教育について報告を行ってきた^{(2),(3)}が、国立高

等専門学校機構教育研究調査室が行った「ロボコン、プロコン、デザコン、プレコンの教育効果」⁽⁴⁾と同様のアンケート調査を秋田高専のロボコン部員に昨年度に引き続き行った。昨年度は高専機構の行った全国の結果と比較し、応用力が弱いという結果であったが、今年度は応用力、責任感、およびコミュニケーション能力に関連した能力が向上した結果が得られ、今年度行った新しい取り組みの効果が確認できたので報告する。

2. 高専ロボコン競技課題と教職員の指導体制

今年の高専ロボコンの競技課題は、「ロボ・ボウル」というテーマで、二足歩行をするオフenseロボットが、学生から受け取ったアメリカンフットボールを、タイヤで走行するディフェンスロボットを避けながら、最大約12m離れたチームメイトの学生に向けてノーバウンドでパスを送る。パスが成功するまでのタイムを競うという内容であった。高専ロボコンの競技課題は、2008年から4年連続してロボットの二足歩行が主要競技課題となっている。

近年では、卒業研究のテーマとしてロボコンのロボット設計をするなどの取り組みも進んでいる⁽⁵⁾が、秋田高専のロボコン出場チームは、有志の学生の集まりからなり、各学科から選出された4名の教員と技術専門職員2名が指導にあたっている。これまでは、主に4名の教員がロボコンの指導に当たり、技術専門職員は、学生にとって難しい加工、あるいは危険が伴う加工などの場合に、加工法などを指導していた。しかしながら、高専に入学する中学生のものづくりに対する意識の低下などの調査⁽³⁾もあり、学生のものづくり能力向上の観点から、これまで以上に、教職員がロボット製作、ロボットのアイデアのまとめ方なども含めてサポートすることとした。さらに、現在秋田高専では、2006年度より全学科の低学年を対象としたものづくり教育を行うなど⁽⁶⁾の取り組みも進んでいる。将来的には、学生達が技術専門職員、教員に教わった設計や加工法などを自分達の技術として習得し、後輩に伝承し、自分達自身でロボット製作ができることを目指さなくてはならないと考えている。

図1は6月に行われたロボコンのアイデア会議の様子であり、教員、学生、技術専門職員が参加し、活発な意見・コメント等が得られた。



(a)



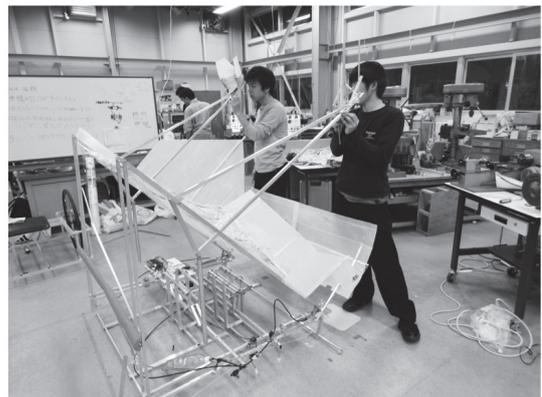
(b)

図1 (a) アイデア披露の様子 (b) 個別的行われたアイデア再検討会議の様子

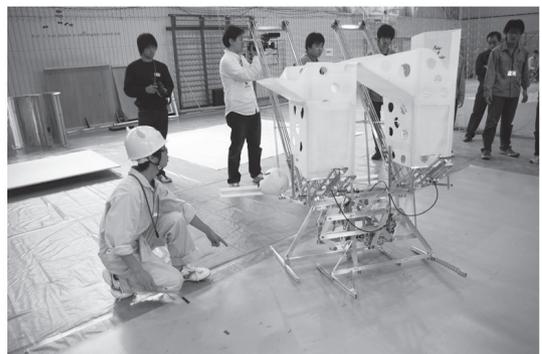
3. ロボットの各部の詳細

3.1 オフェンスロボットの概要

本年度のロボコンのテーマでは、オフェンスロボットは底面1000mm×1000mm×高さ1500mm以上の大きさを持ち、重さは20kg以内となっている。また、二足歩行で移動し、人間が投げるアメリカンフットボールをキャッチし、さらに最長で約12m離れた人間にボールを投げ、パスしなくてはならない。秋田高専では、東北大会に2チーム(Aチーム:ザキエル&ストーパー、Bチーム:Poler&Bowler)が出場した。図2にオフェンスロボットの外観を示す。ボールを投げる投球機構であるが、Aチームはばねを使用した投石機をもとにした機構を採用し、Bチームはゴムを使用した射出機構を採用した。両チームとも、2本のアームでボールを投げることができるが、一度投げてしまうと、再度投げることができない機構となっている。歩行機構は両チームともcheviseフリンク機構であるが、Aチームはマシンが大きく歩幅が小さく低重心であり、Bチームはマシンが小さく歩幅が大きく重心は高めとなっ



(a)



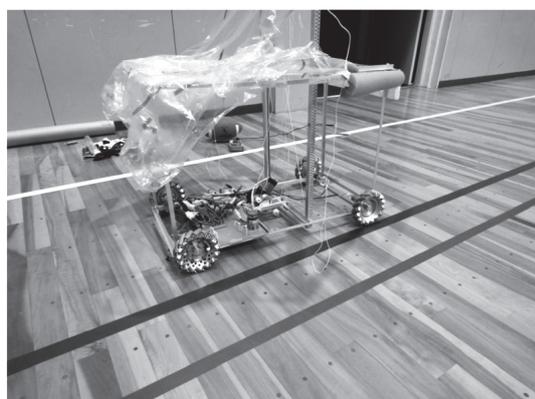
(b)

図2 オフェンスロボット (a) Aチームザキエル、(b) Bチーム Poler

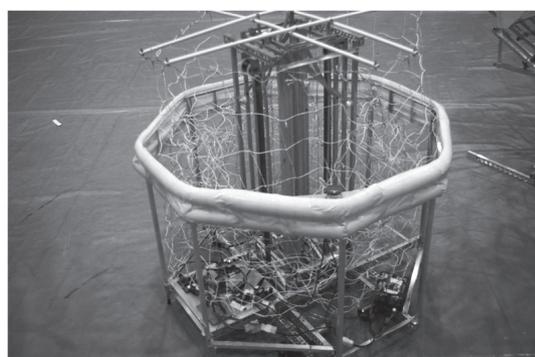
た。Aチームと比較し、Bチームの方がより高速歩行可能な設計となっている。

3.2 ディフェンスロボットの概要

ディフェンスロボットはスタート時、直径1000mm高さ1000mmの直円柱に収まる大きさであり、スタート後、高さは5000mmまでのばすことができる。移動方法は問わない、となっている。重さは8kg以内で、オフェンスロボットが投げるアメリカンフットボールをインターセプトするのが目的である。このルールに対して、Aチームは図3(a)に示すロボット「ストウパ」を作製した。このロボットの特長は、車輪に「メカナムホイール」という特殊な車輪を使うことで、前後左右に自由に移動できる特長を持っている。一般的な自動車のような動きではなく、自動車が前を向いたまま左右に移動できるというイメージである。ボールをインターセプトするための網の部分は、約2.5m上方まで伸ばすことができる。一方、Bチームのディフェンスロボット「Bowler」(図3(b))であるが、モータ2個を使用した、一般的な後輪駆動のロボットである。ボー



(a)



(b)

図3 ディフェンスロボット (a) Aチームストウパ、
(b) Bチーム Bowler

ルをインターセプトするための網の部分は、約3mまで上げることができる。上昇機構には、ワイヤとプーリー、定荷重ばねを使用している。8kg以内という制限は非常に厳しく両マシンとも軽量化に非常に苦労した。

4. 昨年度の問題点と対策

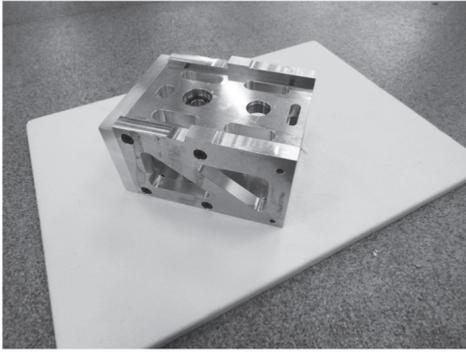
前報⁽¹⁾で指摘された、昨年度の問題点は次の4つであった。

- ① 二足歩行ロボットの関節部分の強化と歩行の高速化
- ② 大電流出力が可能な新しいモータ制御回路の設計開発
- ③ Bluetoothによる無線通信の開発
- ④ スケジュール管理の徹底

以下に問題点の詳細と今年度実施された対策および、チーム編成および今年度始めた新しい取り組みについて述べる。

4.1 二足歩行ロボットの関節部分の強化と歩行の高速化

4年前から競技内容として二足歩行が導入されたが、昨年の大会で、秋田高専で製作した二足歩行ロボットは、関節部分の強度が弱く、片足でロボット本体を支えてスムーズに歩行することができなかった。さらに、歩行が他高専と比較して遅く、改善する必要があった。そこで、学生達は、昨年のロボコン東北大会および全国大会終了後に行われた東北ロボット技術者交流会(平成22年12月18日~19日:名取市)および全国ロボット技術者交流会(平成23年1月9日~10日:兵庫県明石市)に参加し、全国大会に出場した強豪校のノウハウや技術を学んできた。その結果、高出力モータであるmaxon社(例えばDCMOTOR RE40/GP52C)のモータや、高出力のバッテリー(例えばLi-Feバッテリー EA3800R:イーグル模型)などが主流に使用されていること、またそれらの使用のためには、高剛性のギヤボックスを設計・製作する必要があることが分かった。また、歩行の際の回転摺動部のロスを低減するために、積極的にベアリングを使用する必要があることも明らかとなった。その結果、技術専門職員の方々に協力いただき、図4(a)に示すようなギヤボックスを設計製作した。さらに、ロボットのフレーム部も、図4(b)左のように中実材のみを使用していたフレームに対し、図4(b)右のように中実材と中空材を部分的に組み合わせ、木工における「ほぞ継ぎ」

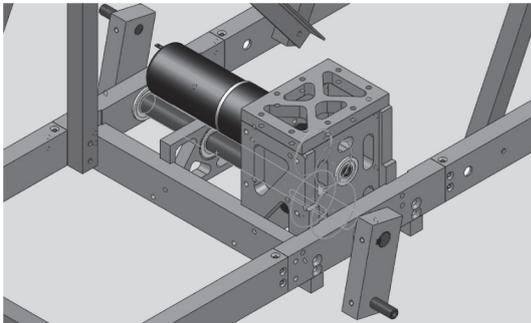


(a) ギヤボックス

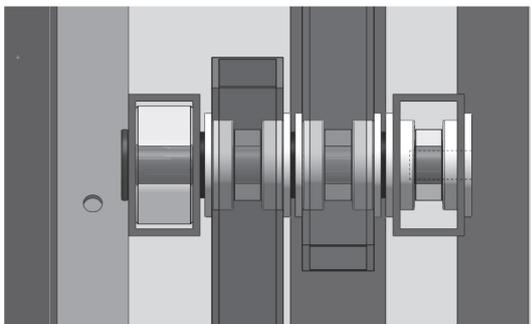


(b) フレーム

図4 Bチームギヤボックス及びフレーム



(a)



(b)

図5 (a) Bチームオフenseロボット組立図および (b) 関節部のベアリング詳細図

と似た加工法を採用して、強度と軽さを同時に実現できる工夫をしている。さらに、maxon社の高出力モータの力を十分に発揮するために、モータと軸との接続に、キーとキー溝を使用したり、ギヤボックスの周りのフレームを組んで強くすること(図5(a))、歩行時の「がた」を低減するために、足の関節部にベアリングや「中間ばめ」による軸接続を使用したりすることにより(図5(b))、歩行の安定性とスピードに関する問題を解決できた。

4.2 Bluetoothによる無線通信と大電流出力が可能な新しいモータ制御回路の設計開発

昨年度は、無線送受信回路に「ZigBee」、マイコン制御ボードに「Arduino」を使用した。しかしながら、無線送受信が良好に行われているかどうかの判断が難しく、また、混信の影響も大きいと考えられたため、本年度は、無線送受信回路に「Bluetooth」、マイコン制御に「PIC」を使用することとした。バッテリーは「Li-Feバッテリー EA3800R：イーグル模型」を使用した。一例として、Aチームで使用した電気回路の外観を図6に示す。

一方、モータ制御回路では、maxon社の高出力モータを使用するために大出力が可能な新しいモータ制御回路の設計開発をする必要があった。さらに、モータ駆動用のサーボ回路として、図7に示す回路を新たに設計し使用した。これらのモータ制御回路、サーボ回路およびBluetooth送受信回路は、本校5年のロボコン部員の学生が卒業研究の一環として、電気情報工学科山崎博之先生のもと設計した。当初図7のFET(電界効果トランジスタ)には比較的安価なPANJIT INT.製(PJPN75N)を使用していたが、モータ負荷に耐えられず、プリント基板を貫通して、FETの焼損が生じた。そこで、国産の三洋製(2SK3704)やルネサスエレクトロニクス

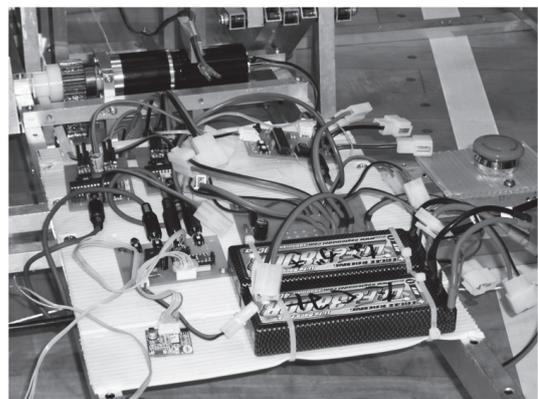


図6 Aチームの電子回路の外観

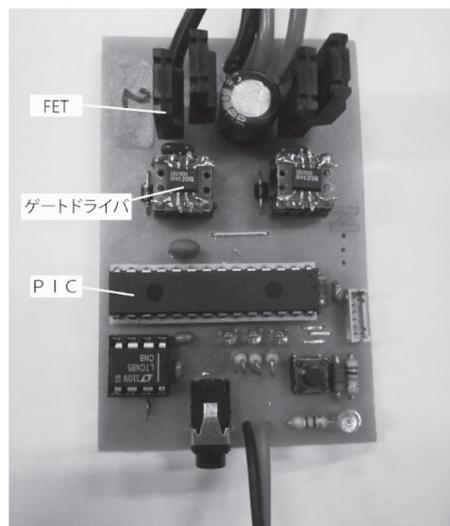


図7 Aチームのサーボ部主要回路

製(2SK2936)に変更したところ、Aチームに関しては問題なく動作した。一方、Bチームも全く同じ回路を使用したが、FET、ゲートドライバの焼損が頻発した。これは、Aチームと比較してBチームの歩行ロボットのプログラムを、二足歩行がより高速になるよう変更した結果、プログラムと回路と歩行機構との相性が悪くなり、回路の限界を超えた領域で使用してしまったことが主因ではないかと考えられた。安全も必要不可欠であるが、一方でロボコンの勝利のためには、ロボットを高速動作させることも是非とも必要な要求である。そこで、Bチームのロボットを高速歩行させつつ、回路に与える負担を少なくするための一つの方策として、電気情報工学科 安東至先生にご協力いただき、FETに与える制御信号を、バイパスして遅延回路に送り、過電流を流さない工夫を試みた。その結果、東北大会期間中に致命的な不具合は生じなかった。今後、Bチームのような高速移動するロボットに対応したモータ制御回路を確立する必要があるが、現状では、先の2つの電気回路の問題を解決できたといえる。

4.3 スケジュール管理に関する対策

スケジュール管理については、昨年度は、テストラン(練習走行)に関する時間を十分取ることができなかった。今年度は、スケジュール管理を徹底させるための対策として、毎週金曜日の夕方に各ロボット製作部門の進捗状況の報告会を開催した。また、学内を対象にしたロボコンの公開テストラン(校長、主事、事務部長を招いた公開練習)を、例年であれば1回実施していたのを2回にするなどの試みも行った。さらに、東北大会の3週間前となる9月

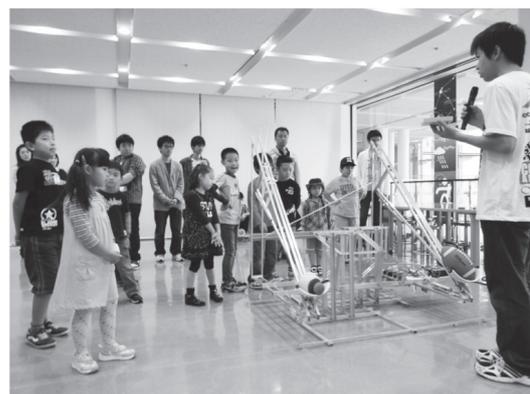


図8 自然科学学習館でのロボット展示

25日(日)に秋田市自然科学学習館(秋田駅前・アルヴェ)において、小中学生を対象にしたロボット展示・実演をスケジュールに組み込んだ(図8)。そこで今年度のロボットを動かすことを目標と位置づけ、ロボット製作に打ち込ませた。両チームとも、昨年よりもテストランの時間は十分とれたが、テストランの結果明らかとなった新たな問題への対応、ロボットの軽量化や改良などの作業が必要となった。今回はスケジュール管理に関して十分うまくいったとはいえないが、さらに、テストラン後の改良なども含めた予定を立て、学生の意識を高めスケジュール管理を徹底するようサポートしていきたいと考える。

4.4 チーム編成、協力体制

Aチームのチーム編成は本科2~3年生を中心として構成されていて、比較的若いチームであるが、ロボットの設計・製作、改良すべてに渡って、ロボコン在籍経験の長い専攻科学生がサポートした。Aチームはメカナムホイールの使用、投球機構に他の高専で使用されていなかった「ばね」を使用したこと、および極限まで軽量化したことなどが評価され、審査員特別賞をいただいた。これは2~3年生の学生の力だけでなく専攻科学生からの技術の伝承などがあって、初めて受賞できたものと考えている。一方、Bチームのチーム編成であるが、4年生を中心としたチームとなっている。ボールを投球する機構の設計は、昨年度からロボコンに入部した4年生の学生が担当し、投球機構の改良・調整は、今年度から入部した学生会所属の4年生の学生が担当した。これまで比較のおとなしい性格の学生が多いロボコン部員の中であって、当学生は、投球練習、ロボコン活動全般についてリーダーシップを発揮するなど、新しい刺激となった。以上のように本年度は、

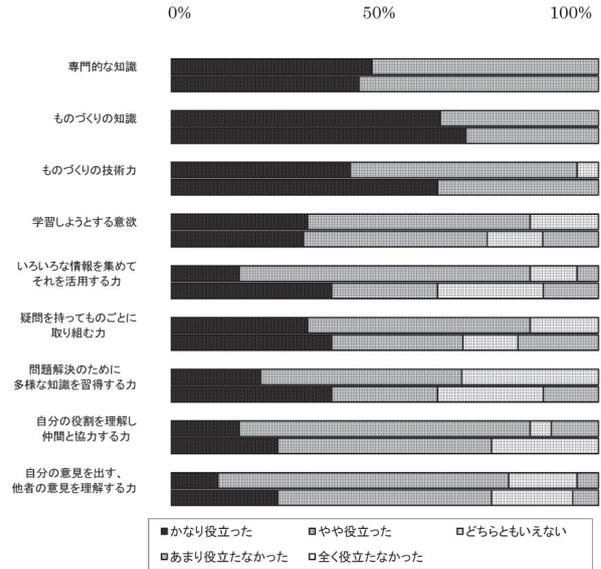
比較的ロボコン経験の浅い学生の活躍が目立ったといえる。

さらに、先のBチームの電気回路の改良においては、ロボコンに所属していないプロコン部員の学生が数日にわたって夜遅くまでBチームのプログラム作成に協力してくれた。東北大会期間中回路は故障することなく安定に動作していたが、当学生らの努力が少なからず貢献したものと考えられる。以上のように、様々な強みを持った学生に協力してもらうことでロボコン部員の学生だけでは難しかったチームとしての力を十分に発揮できることが分かった。

5. アンケート結果

2009年3月に国立高等専門学校機構教育研究調査室が「ロボコン、プロコン、デザコン、プレコンの教育効果」としてアンケート調査を行い、結果⁽⁴⁾が公表されている。この資料は高専の各イベントの教育効果を把握するための基礎資料として、イベントに参加した高専生を対象に2007年に実施したアンケート調査をまとめたものである。この高専機構で行われたアンケート調査資料を基に、2011年の東北地区大会終了後、ロボット製作に携わった学生を対象にアンケート調査を実施した。回答数は、ロボコン部員学生の16人となった。調査結果を以下に述べる。

参加学生の学年は、2学年7名、3学年3名、4学年5名および専攻科生が1名であった。また、所属学科は、機械工学科13名(81%)、電気情報工学科3名(19%)であった。高専機構のアンケート結果では、電気系が52%と最も多く、次いで機械系34%、情報系10%の割合であり、本校では、機械工学科の学生が多いことが分かる。図9に学生がロボコンの参加によって得られた効果についての本校のアンケート結果を示す。グラフは各回答を割合で示した。なお、昨年度(平成22年度:母数19人)のものを上段に、今年度(平成23年度)行ったアンケート結果を下段に併せて示した。「専門的な知識」、「ものづくりの知識」、「ものづくりの技術力」などものづくりの基礎力と考えられる3項目に関しては、昨年同様、ほとんどが、かなり役立った、やや役立ったと回答しており高い割合を示している。次に「かなり役立った」という回答について注目してみると、今年度はさらに、昨年度と比較して、「いろいろな情報を集めてそれを活用する力」、「問題解決のために多様な知識を習得する力」などの応用力のほか、「自分の役割を理解し仲間と協力する力」、「自分の意見を出す、他者の意見を理解する力」などのコミュ



(上段 H22, 下段 H23)

図9 ロボコンの参加によって得られた効果

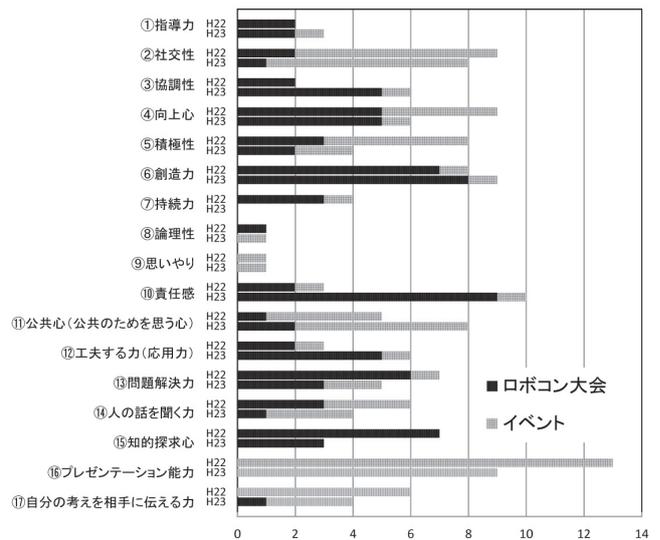


図10 ロボコン大会および各イベントに参加して、自分が得た能力

ニケーション関連の力も昨年と比較し1.6倍から2.3倍程度の高い割合を示した。図10にロボコン大会およびロボットの展示、実演などの各イベントに参加して、自分が得た能力について上位3項目を選んでもらった。グラフの横軸は、回答数を示している。ロボコン大会で得た能力として、昨年度(平成22年度)最も多かった結果が⑥創造力と⑮知的探求心で、次いで⑬問題解決力、④向上心となっていた。一方、今年度(平成23年度)は、⑥創造力、④向上心のほか、特に⑩責任感や⑫工夫する力(応用力)、③協調性など、昨年度は回答がほとんど見られな

かった項目で高い値を示した。高専機構によるアンケート結果では、上位3項目が⑥創造力、⑫工夫する力（応用力）、⑩責任感となっており、本校の結果は、昨年度よりも全国の結果と似た傾向を示し、応用力や、チーム力に関連する能力が向上したと考えていることが分かった。これは、他高専との交流や技術専門職員による技術指導など新しい指導体制によるものであると考えられる。各イベントで得た能力については、⑯プレゼンテーション能力、②社交性、⑰自分の考えを相手に伝える力を挙げた学生が多く、昨年とほぼ同様の結果を得た。

6. まとめ

本稿では、高専ロボコンに出場したロボットの概要、過去の問題点の解決策について述べた。

工程管理については満足な結果であるとは必ずしもいえなかった。今後は、学生達が自主的にスケジュール管理ができるよう、教職員でサポートしてゆく必要がある。一方で、技術専門職員、ご協力いただいた先生方を始めとして、ロボコン以外の幅広い協力も得てロボコン活動ができた。学生は、他高専の技術も学び、技術専門職員の技術指導を受け、自分達の技術としてロボット製作し、ものづくり基礎力や応用力が向上したことがアンケート結果より分かった。今後は、これらの能力を一層高め、様々な人と協調してものづくりをする能力、いわば総合力を一層鍛えることにより、大会での勝利につなげていければと考えている。

謝辞

ロボット製作において様々な助言を頂いた山崎博之先生、安東至先生に心からお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 西野智路, 小林義和, 田中将樹: 秋田高専におけるロボットコンテストの取り組みと課題, 秋田工業高等専門学校研究紀要, 46, pp.90-94. (2011)
- (2) 西野智路, 小林義和, 松田英昭: ロボットコンテストを通じたものづくり教育, 工学教育, 56[6], pp.90-95, (2008)
- (3) 小林義和, 西野智路, 田中将樹: 秋田高専におけるロボットコンテストを通じた技術者教育, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2011, 2A2-G03. (2011)
- (4) 国立高等専門学校機構教育研究調査室: ロボコン, プロコン, デザコン, プレコンの教育効果, (2009)
- (5) 滝口朝幾ほか5名, 高専ロボコン用ロボットの設計, 日本機械学会第41回卒業研究発表講演会講演論文集, pp.212-213., (2011)
- (6) 小林義和, 西野智路, 松田英昭: 全学的なものづくり導入教育の取り組み, 日本高専学会誌, 16(3), pp.159-164., (2011)