

「ロボット競技会をととしたものづくり教育の研究」

愛知県立一宮工業高等学校
機械科 松岡 久裕

1 はじめに

愛知県工業高校生ロボット競技大会は平成4年度から開催されてきた東海地区工業高校生ロボット競技大会が中止となった3年後、愛知県高等学校工業教育研究会が「匠の卵にもものづくりの工夫や応用技術を学んで欲しい」という願いのもと平成20年度から開催されている。ロボット製作は、ものを作り出すという総合的な技術を学ぶ絶好の機会であるため、本校では課題研究に取り入れており、今回「ロボット競技大会キャリアロボットⅡの製作」をテーマにして、大会に出場した。このテーマは生徒にとって大会出場という明確な目標があるため、製作過程で発生した様々なトラブルを生徒自身で考え工夫し乗り越える原動力となってきた。ここでは、その製作課程と指導について報告させていただく。

2 競技内容

今大会は平成23年度の実施で4回目となる。この第4回の競技内容は第3回大会ルールを若干変更したものになった。第3回大会は第1回、第2回大会の競技内容から大きく変更され、各コートに用意された8個の箱を指定されたエリアに積み上げる競技になった。指定されたエリアとは、自陣コートにある自陣収納エリアと、自陣コートと相手コートの間にある共通収納エリアの2箇所であった。自陣収納エリアはロボットが走行する床に設けられ、箱を動かすだけで得点を得られた。共通収納エリアは高さ50cmの台に設けられており箱を持ち上げる必要はあるが、自陣収納エリアよりも高得点を得られた。しかし、相手チームはこのエリアに置かれた箱を落とすことができるので、安心して箱を置くことはできなかった。また、どの収納エリアでも箱を高く積み上げることで得点が加算されるので、そのための機構も必要であった。このように箱を積み上げ、その合計得点で勝者を決める競技であった。そして今回の第4回大会では、ホールドコーンと呼ばれる三角コーンが4個導入された。このコーンを載せた箱とこれに接触する全ての箱はどのような手段でも触ることができなくなった。そして、他の変更点として共通収納エリアに積み上げられた箱の得点が昨年度よりさらに高得点になった。

平成22年度に実施された第3回ロボット競技大会で優勝したロボットは8個の箱を全て積み上げることができる「タワー型」と呼ばれるタイプであった。この大会の決勝戦で6個の箱を自陣収納エリアに積み上げ優勝した。しかし、今大会では新たに追加されたホールドコーンと高得点を狙える共通エリアをいかにうまく利用するかが勝利に関わる重要なポイントであると思われた。

3 ロボット製作と指導内容

(1) 作戦立案

ロボットの製作にあたり、まずどのような作戦で競技に臨むかを定める必要があった。そこで今

回、新たに加えられたホールドコーンの活用方法を考え、箱の得点を計算した。

表1 得点計算

積み上げた段数	自陣収納エリア		共通収納エリア	
	各箱の得点	合計得点	各箱の得点	合計得点
9 段目			19 点	99 点
8 段目	8 点	36 点	17 点	80 点
7 段目	7 点	28 点	15 点	63 点
6 段目	6 点	21 点	13 点	48 点
5 段目	5 点	15 点	11 点	35 点
4 段目	4 点	10 点	9 点	25 点
3 段目	3 点	6 点	7 点	15 点
2 段目	2 点	3 点	5 点	8 点
1 段目	1 点		3 点	

表1は得点計算である。箱は8個あるので、最高8段積みとなる。さらに共通収納エリアの箱にホールドコーンを載せれば箱を1段積み上げたことと同じ扱いになるので、共通収納エリアは最高9段積み上げることができる。例として、写真1のように自陣収納エリアにホールドコーン1個と箱2個の3段積みは合計得点3点となる。それに対し、写真2のように共通収納エリアにホールドコーン1個と箱2個の3段積みは合計得点15点となる。箱をたくさん積み上げると高得点になるが、それだけ時間を必要とし、さらに崩れるリスクがある。箱自体もしっかりとしたものではなく、プラスチック製の段ボールを素材に作られており、高く積み上げると不安定であった。

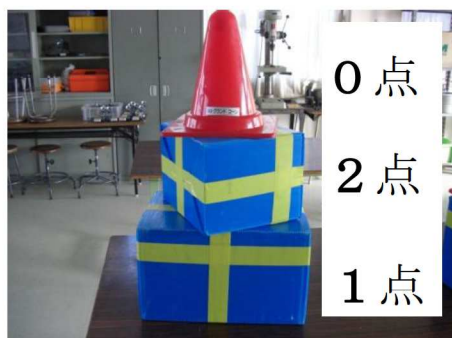


写真1 自陣収納エリアの得点

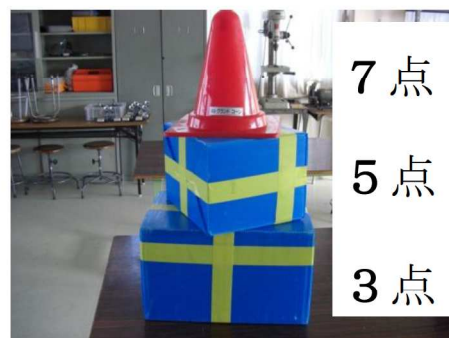


写真2 共通収納エリアの得点

そこで低い積み方で崩れるリスクを押さえ、素早く積み上げることを考えた。この作戦の利点は、ホールドコーンを載せた箱を4つ共通収納エリアに置くことで相手の箱を置くスペースを無くすことにあった。得点も、3段積み（箱2個、ホールドコーン1個）を1つ、2段積み（箱1個、ホールドコーン1個）を3つ作れば合計得点39点となり、相手が8段積みを自陣収納エリアにされても合計得点は36点で、勝つことができると判断した。このような理由から低く積みあげた箱を多く作るスピード型のロボットを私は考えていた。しかし、生徒は昨年度優勝したロボットが魅力的に見えたようでタワー型を考えていた。そこで、実際に生徒自身の手で箱を8段積みさせてみると、その難

しさを理解したようでスピード型のロボットに決定した。ここで、実際に体験したことで生徒は納得し、その後タワー型の製作をしたいと発言することは無かった。

(2) 立方体の製作

本校の実習は1年生で手仕上げ、ガス溶接、電気関係、2年生で旋盤、フライス盤、アーク溶接、CAD、コンピュータ関係などが実施されている。いずれの実習もテーマが決められており、生徒はテーマにあった指導を受けて作業などを進めていく。しかし、課題研究はこれまでの実習と異なり、自分たちでテーマを決め製作していく授業である。そのため、生徒は何も無いところから自分たちで考え作り出していくという慣れない作業を行なうことになる。このような状態でいきなりロボット製作は難しいと思い、簡単な物を製作させ生徒の力量の把握と少しばかりの経験を積みせようと考えた。

そこで、生徒にアルミアングルを使用した立方体を製作するように指示をした。立方体を形成する各アルミアングルの長さ、それらを固定する為に使用するビスの穴あけの位置など、これらを決めるときには材料の厚みを考えなければ組み上げたとき形にならない。このような課題が自分達たちで設計から製作まで行なうことが初めての生徒にはちょうど良いと考え、5月上旬に約3週間行なわせた。

最初は何も教えずどこまでできるか見ていた。しかし、全然進展がないためヒントを与えつつ設計・製作を進めていった。そして、できあがった立方体はビスを通す穴の位置がずれたものであり組み上がらなかった(写真3)。

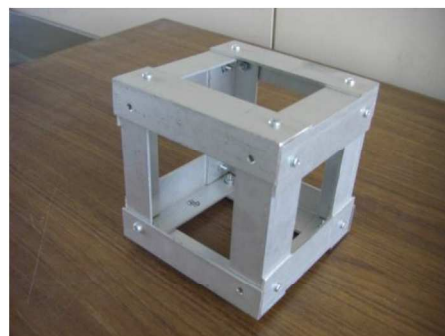


写真3 立方体

(I) 設計段階で各材料の長さや穴の位置を間違えている。

(II) 製作時のけがき、穴あけの位置を決めるセンタポンチがずれる。

(III) 穴あけ作業でセンタポンチからずれた位置に穴を開ける。

このように、けがきや加工精度の大切さが理解できていないようで、不安を抱えながらのスタートとなった。

さらに、今回の目標である「ロボット競技大会出場」という意気込みは生徒によりかなり差があった。優勝したいという生徒がいれば、ロボットが出来上がればいいなという程度の生徒もいた。この意識の差をどうするかも問題であった。

(3) 試作機の製作

ロボットの方向性が決まり、次にどのような機構を製作していくか生徒に話し合いを行なわせた。しかし、全てが初めてのことなので生徒は雲をつかむような感じで、話はまとまらなかった。そこで、昨年度本校から出場したロボットを見せたところほぼ同じ機構で考えが進み始めた。

そこでまず、班を二つに分け、分担を決めさせた。一つはロボット本体を製作するチームで、もうひとつはアームを製作するチームである。班員は8名で分担を明確にしないと、誰かが製作してくれるという考えになり、責任感が希薄になるおそれがあった。そのため、作業の分担を決め一人一人が責任を持って製作する姿勢を持たせる狙いであった。

作業に入ると、アームの製作班と本体の製作班は昨年度のロボットを参考に寸法を決め、図面を描いていった。お互い、組み付ける時に必要な寸法を決めておき、それから各班の製作が行なわれた。アームの駆動にはラックギヤを使用するため、生徒は授業で習ったことを思い出しながら取り付け位置を考え、図面を作成した。製作に取りかかれたのは7月上旬であったが、この頃には就職試験のために時間を取る者、各種資格試験を取る者、部活動の最後の大会に出場する者などでロボット製作の進行速度は低下していった。そのような状態で製作に費やせた時間は夏休み最後の1週間ほどだった。その後、就職試験を終え製作に集中できるようになったのは9月下旬であった。その間に、生徒のロボット製作に対する意欲は低下しており、どのように士気を高めるかを考えなければならなかった。そこで、就職を間近に控えた生徒に「納期」の大切さを意識づけることを含め、各工程の期限を設け必ず間に合わせるように話をした。初め、生徒は作業が間に合うのか不安な気持ちで行っていた。

しかし、機械の操作など復習させると自信を持ってきたのか、徐々に気持ちが高まり期限に近くなると間に合わせるために授業後、居残りの時間を多く取り作業を進めていった。その結果、試作機は10月下旬で形になった。(写真4、写真5) コントローラは時間が足りなく昨年度の作品から流用した。(写真6)

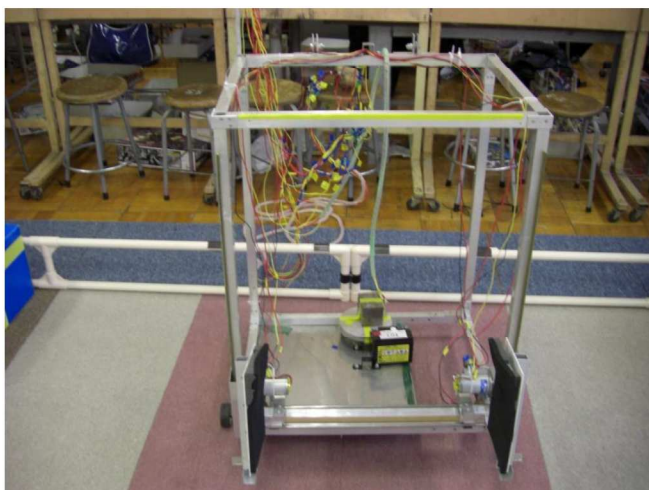


写真4 試作機（正面）



写真5 試作機（側面）



写真6 コントローラ

コントローラの説明

- ・左上のスイッチ
アームの開閉
- ・右上のスイッチ
アームの昇降
- ・左下（右下）のスイッチ
本体の左（右）駆動輪の前進後退

試作機の仕様

- ・ 幅 655mm × 奥行き 800mm × 高さ 860mm
(アームを倒したとき 奥行き 1045mm)
- ・ アームを長くし箱を共通エリアに載せられるようにしている。しかし、このままでは規定を超える大きさなのでアーム先端を可倒式にして、規定寸法内に収まるようにしている。
- ・ アームの開閉機構、昇降機構はラックギヤを使用している。

完成した試作機であったが、様々な問題点が見つかった。

問題点① アーム開閉の可動域が狭いため、スムーズに箱を掴めない。

問題点② アームの強度不足により、箱を持つとアームがひずみ、持ち上げるときに落とすことがある。

問題点③ 箱を持たせるとアームの開閉機構に使用しているラックギヤの噛み合わせが悪くなる。

問題点④ ギヤドモーターが本体前部に集中しているため、箱を持つと前方に倒れる。

問題点⑤ アームの昇降機構に使用しているギヤドモーターの噛み合いが悪くスムーズに作動しない。そのため、左右で徐々に高さが異なってくる。

問題点⑥ アームの開閉、昇降に使用しているトグルスイッチの配置の関係上、本体の移動とアームの操作を同時に行えない。

11月は、この試作機を用いて文化祭で電気科と対戦するデモンストレーションを行う予定であった。しかし、製作を開始する時期が遅すぎたため問題点を解決する時間が不足し、試作機は少し改良を施してデモンストレーションに出すことにした。また、同時に当初の計画通り競技会用ロボットの製作に取りかかろうとした。しかし、試作機を少し改良したロボットで本番の競技会も良いのではないかと、という雰囲気があったため士気も少々下がっていた。

そこで、私は本番に向けてやる気を再び高めるために、文化祭のデモンストレーションを利用することにした。試合とほぼ同じ形式で実施されるので、生徒に試合の経験を積ませるとともに、試作機で試合に勝つのが難しいことを体験させようと考えていた。

(4) 文化祭でのデモンストレーション

文化祭でのデモンストレーションの結果は0点であった。前項に挙げた問題点が発生し箱を持ち上げることにできなかった。また、前方に倒れることを防ぐためのバランス用ウェイトがロボットの動きを悪くしていた。生徒はこれにより試作機を改良しただけで試合に臨むのは難しいと感じ、競技会用ロボットの製作を必要と考えるようになった。そして、ここで得られた体験や、これまで製作してきた経験を活かしロボットの製作に勤しむようになった。後に生徒は、このデモンストレーションは有意義であったと話している。

(5) 競技会用ロボットの製作

問題点を解決するための競技会用ロボットの製作が行われた。

問題点①はロボット本体の幅を規定寸法限界まで広げることによって解決した。これにより箱の斜めから侵入することができ、箱を掴むまでの時間を短縮することができた。また、問題点②に対応するため、アームの強度を増したことで、箱を斜めに持ち上げる事ができるようになった（写真7）。

問題点③はラックギヤの配置を上下入れ替えることで解決した。試作機ではラックギヤがピニオンの下にあり、箱を持つとピニオンが浮き上がり、噛み合わせが悪くなる構造であった。そこで、ラックギヤを上配置することで、箱を持つとピニオンがラックギヤに押しつけられるようになり、安定して開閉するようになった（写真8）。



写真7 箱の斜め掴み

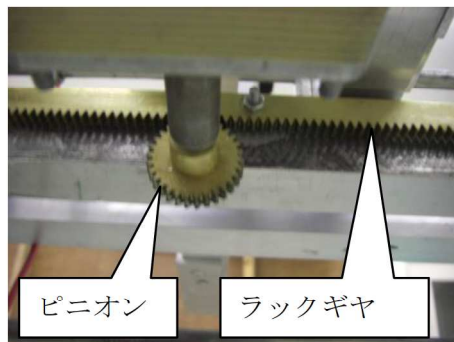


写真8 ラックギヤの配置

問題点④、⑤はアームの上下に使用していた機構をラックギヤからワイヤーとドラムによる機構に変更することで対応した。ワイヤーをドラムで巻き上げる方式はラックギヤに比べ構造が簡単で動作が確実であった。モータの配置も自由度があるため、前方に配置していたモータを本体後方に配置することで、重心を後方に移動できた。これにより箱を持ち上げても前方に倒れることは無くなった（写真9）。

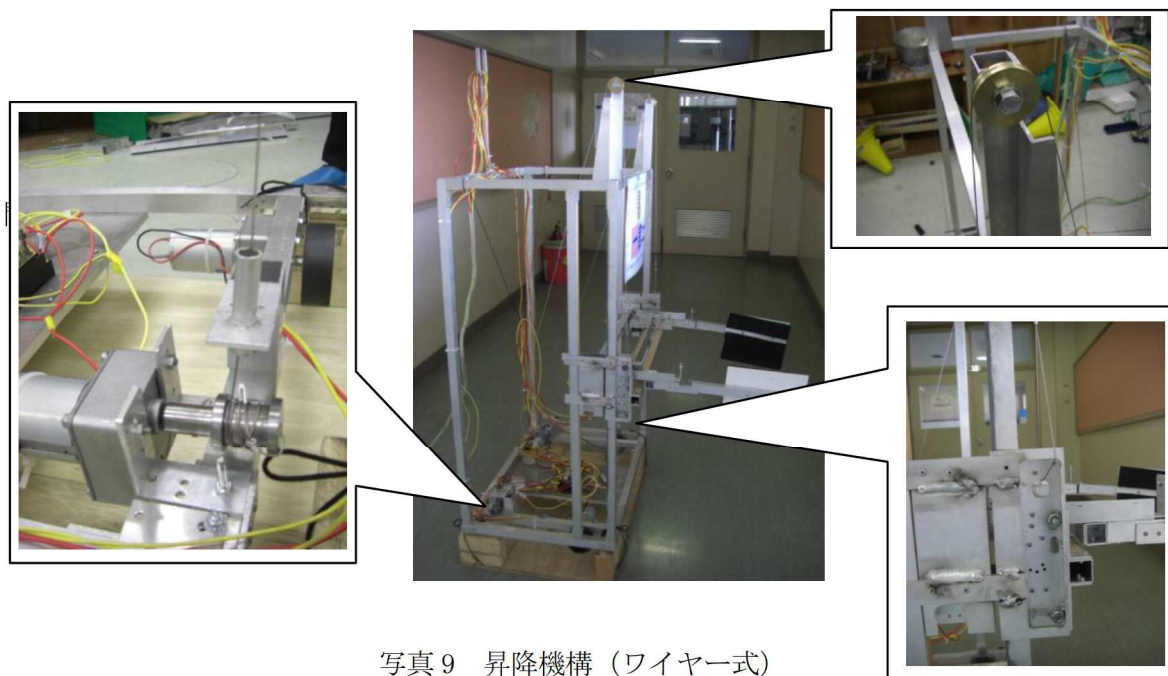


写真9 昇降機構（ワイヤー式）

問題点⑥は操作性を良くするためにアームの上下、開閉は押しボタンスイッチにし、配置も変更した。これで、ロボット本体を移動させながら同時にアームの操作を可能にした。このことで、スムーズに箱を掴み共通エリアに置くことができるようになった（写真 10）。

2 台目のロボットということもあり、生徒にロボットの製作の期限を 11 月末と決めて話をした。

このころになると、生徒自身で作業内容により必要な時間を見積もることができるようになっていた。試作機の製作で得た経験が大きな自信となったようである。11 月下旬には形になり細かな不具合を含め 11 月中に完成した（写真 11、12）。

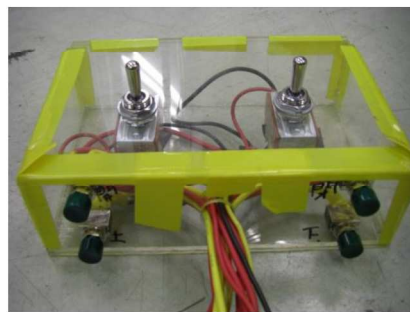


写真 10 新コントローラ



写真 11 本番用ロボット（斜め）



写真 12 本番用ロボット（横）

競技会用ロボットの仕様

- ・ 幅 800mm × 奥行き 800mm × 高さ 1420mm
(アームを倒したとき 奥行き 1045mm)
- ・ 2 輪駆動、キャスター 2 個。
- ・ アームの開閉機構はラックギヤ、昇降機構はワイヤーとドラムを使用している。
- ・ アーム先端は試作機と同様に可倒式にしている。

生徒は年度当初に比べると計画に対する作業進捗を意識するようになり、期限を設けたことで作業時間を意識するようになった。特に各工程でどの程度時間を必要とするかを判断できるようになり、その成長には感嘆した。生徒も各工程の期限を明確にしたことで目標ができて良かったと答えていた。

それからは、当初の作戦に基づいた操作練習を行ないロボット競技大会に備えた。

4 ロボット競技大会当日

競技大会はまず 6 つのブロックに分かれ予選トーナメントが行われた。予選トーナメント優勝チームと、予選トーナメント決勝戦で敗退したチームで高得点を獲得した上位 2 チームの合計 8 チーム

ムが決勝戦に進出した。本校機械科チームのロボットは予選トーナメント1回戦から順調に動き、勝ち進んだ。そして、予選トーナメント決勝戦の対戦相手はタワー型で、本校機械科チーム同様ここまで順調に勝ち進んできた。しかし、この試合で対戦相手のロボットにトラブルが発生し、さらにスピード型を相手にしていたことで焦りを生んだのか操作ミスをしてしまい、本校機械科チームが勝利した。これにより決勝トーナメントに進出することになった。

決勝トーナメントに進んだロボットのタイプは、ほとんどスピード型であった。その後、決勝トーナメント決勝戦に勝ち進んだのは本校機械科チームのロボットと名古屋工業高校のロボットで、どちらもスピード型であった。試合はいかに共通エリアを制圧するかであった。結果的に本校機械科チームが上手く共通エリアを制圧できたことで勝利を収めることができた。まさにこれまでの生徒の努力が報われた瞬間であった(写真13)。



写真13 記念写真

5 まとめ

課題研究でテーマを決め製作を開始したのは4月からであった。生徒はこの競技に関心があるとはいえ、製作に関しては初めてであり、年度当初は戸惑う事が多かった。ここで教員が手を貸せば効率よく進んだと思われる。しかし、課題研究の目的は生徒自ら考え目標を達成することである。そのことを念頭に指導を行いたかったので問題が発生すれば、まずその原因を生徒に質問し考えさせるようにした。これを繰り返すことで生徒は徐々に力を付けていき、競技会用ロボットはほとんど生徒が設計・製作を行った。このように生徒自身で問題点を解決させることは、時間はかかるが成長を大きく促すと確信した。また、この課題研究で生徒に時間を意識させることも目的にあった。これまで、提出物の期限を守る事は指導されてきたが、生徒自身で期限までの工程を考えることは無かった。しかし、各工程や問題点の解決に要する時間を明確にすることで、生徒は計画的に授業後の作業時間を決め期限を守るようになった。このように生徒が自ら必要な時間を考え作業する力を身につけたことは非常に大きな成果であった。このように課題研究は工業高校の授業で教わったことを活かす絶好の授業であると思う。私は生徒にここで得た経験を基に社会人として様々な局面を乗り越えていくことを切に望むものである。

最後に、各方面でご協力いただいた本校の先生方に感謝を申し上げ、報告を終わる。