

ロボットコンテストを利用したものづくり教育に関する研究

大橋 和正 ・ 妹尾 一道*

今日、ロボットコンテストは中学生の間で人気があり、ものづくりの基礎を教える教材として興味深い。そこで、本研究では、ロボットコンテストを活用して競技性を導入することにより、ロボット製作のおもしろさ、ものづくりのおもしろさについて興味をもたせることが目的である。とくに、ロボットコンテストでは、競技ルールに基づいて、最高のパフォーマンスを行うという到達目標をもって、ロボットを設計し、製作することである。そのために、ロボットの動きなどに工夫を凝らし、競技に勝つためのロボットの機構、構造、材料などの基礎設計、製作方法、組立技術について論述すると共に、それらの指導方法について考察する。最後に、コンテストに向けて製作したロボットの例を示し、製作上の留意点、指導方法についてまとめる。

Keywords：ロボットコンテスト，ロボット設計，ロボット製作，ものづくり教育

1. 緒言

近年、中学生対象の多くのロボットに関するコンテストが開催され、中学生のものづくり意欲の向上につながっている。そして、コンテストの現状や教材化の工夫に関する研究については、いくつかの研究報告がある^[1~6]。しかし、競技に重点を置くあまり、ロボット本来の製作技術については必ずしも力を入れた教育が実施されているとは限らないのが現状である。そこで、本研究では現在実施されているロボットコンテストを活用し、そこからものづくりの本質を理解しながら、ロボット製作の基礎・基本が学べる指導法について考察する。

2. ロボットコンテストに見るものづくり教育の本質

ロボットを製作する場合には、しっかりした到達目標をもって製作に望む必要がある。目標が明確であればそれだけ創造性を発揮して製作意欲を高めることができる。その目標が競技という目で容易に確認できるものであれば、なおさら性能の高いロボット製作を目指して、その人のもつ知識とスキルの向上に役立つものとなる。

競技に用いるロボットを製作する場合は、まず競技のルールを熟知する必要がある。そして、競技に勝つためのロボットの機構、構造、動きをアイデアと創造性を基に設計することが望まれる。アイデア設計の後の製作場面においては、しっかりとした製作技術が求められる。競技に耐えうるためのロボットの材料の選定、材料の形状、材料同士の接合方法などを定め、それらの加工方法、組立方法の詳細について考えておく必要がある。最後に動作検査、動的なバランスの検査など全般的な性能検査を行い、修正箇所があれば修正を繰り返す、改善を図る。これより、設計・製作過程の流れを図1に示す。このような観点で設計・製作を教育することがものづくり教育^[7]の本質となる。

3. ロボットコンテストの方法と適用

3.1 競技ルールの設定

有線のリモコンで遠隔操作するロボット競技であり、ここでは第4回創造アイデアロボットコンテスト^[8]の競技ルールを適用するものとする。競技はロボット1対1の対戦である。競技コートは1800×1800mmの大きさで、中央に仕切り板があり、相

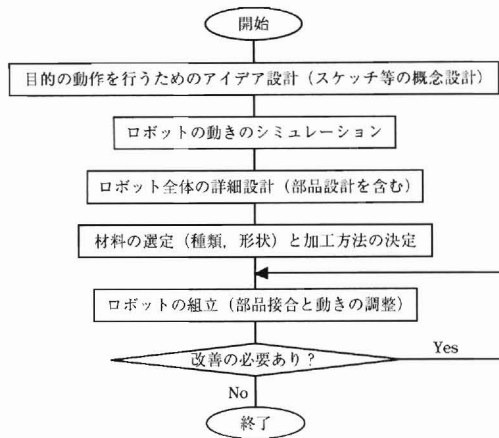


図1 ロボットの設計・製作過程の流れ

手側のコート(900×1800mm)への侵入は禁止である。自陣コートと相手側コートには所定の場所にそれぞれ4個ずつ直径約70mmのスポンジボールが置かれる。また仕切り板上にも同様のスポンジボール3個が置かれ、合計11個のスポンジボールで競技をする。お互いの陣地のスタートエリアから出発したロボットが90秒間で、できるだけ多くのスポンジボールを相手側コートに入れるかを競う競技である。スタートエリアは300×300mmの大きさであり、ロボットの幅・長さがこの中に収まることが条件である。ただし、ロボットの高さは制限なしとする。電源は1.5ボルト乾電池2個まで、モータの個数は最大4個までとする。そして、ゲーム開始と同時にスタートエリアから飛び出したロボットは自陣のスポンジボールを相手陣営にできるだけ多く入れ込むことになる。競技途中でロボットにトラブルが発生し、競技続行不可能になった場合は、審判は「ピットイン」を指示し、そのロボットはスタートエリアからの競技再開となり、試合を継続するものとする。

3.2 競技ルールに基づく競技コートの設計

900×1800mm、厚さ12mmの化粧コンパネ2枚の長辺を互いにあわせて接合し、1800×1800mmの大きさのコートにする。コートの縁には高さ89mmの板材を用いる。コンパネ接合箇所の上に高さ89mm、幅38mmの仕切り板を置き、その中央部には幅150mmのフリーゾーン、すなわちトンネルを設ける。このトンネルはロボットの侵入を防ぐために、厚さ0.5mmのエンビ板を幅150mm、高さ150mmに変形させる。仕切り板とコート縁に幅400mm、斜面403mmのスロープを2箇所設ける。図2は競技コートの概略図であり、×印は11個のスポンジボールを置く位置を示す。また、図3はその競技コートの外観を示したものであり、実際の競技の様子を示す。

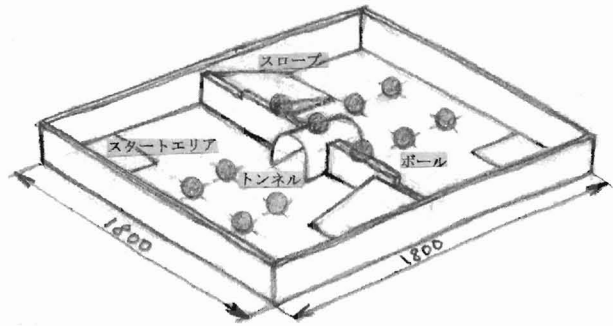


図2 競技コートの概略図

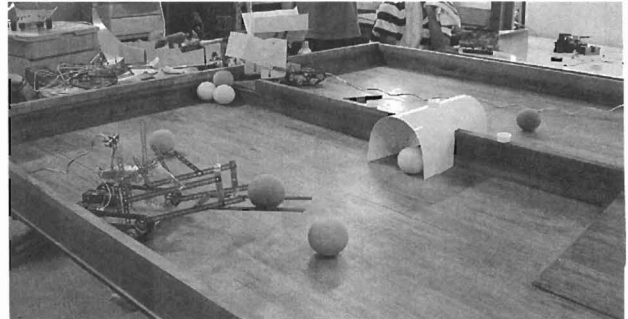


図3 競技コートと競技の様子

4. 競技用ロボットの設計と製作法

4.1 機構のアイデア設計

以上の競技ルールを理解した上で、競技に勝つためのロボットの機構設計、構造設計にわたるアイデア設計を行う必要がある。まず、スポンジボールを相手側のコートにできるだけ多く正確に運ぶ方法、相手のロボットがボールを入れてくるのにブロックする適切な方法などの概念設計が求められる。図4にアイデア設計の一例を示す。この図は教育学部4年男子学生が考えたしくみのアイデアをスケッチしたものである。スポンジボールを断面が円形の筒に一つひとつ入れ、最大3個のスポンジボールを保持できるようにする。ロボットの移動にはキャタピラを用いて、機動性を駆使して、相手側のコートに一度に3個のボールを移し込むことが可能となる。相手からの攻撃に対しては、長い筒で防御し、かつ相手からのボールを直接筒内に入れて受け止めることができれば、直ちに攻撃に転換できるという特徴をもつ。

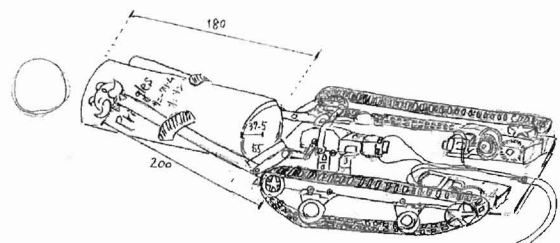


図4 ロボットのアイデア設計

4.2 機構と構造設計

ロボット自体の軽量化を図るために、ボールを保持する円形断面の筒にはお菓子の缶を廃物利用する。平面に置かれたボールには水平方向から円筒をボールに近づけ、競技コートの壁面に押し当ててボールを筒内に取り込む。この円筒はモータ駆動のリンク機構によって前後運動、上下運動をすることができ、競技コートの斜面を登って、あるいは競技台中央の仕切り板越しに円筒を傾け、ボールを相手側コートに移し込むことができる。トンネル内のボールも長い筒を前後に動かすことで、相手側コートにボールを押し込むことができる。リンク機構には軽量化のためプラスチックの板を用い、モータや乾電池を取り付ける板にはある程度の荷重と衝突による衝撃にも耐えうるようアルミニウム板とした。部品同士の可動部の接合にはビス、ナットを使うことを基本にした構造である。

動きのアイデア設計や動作確認、よりスムーズな動きの実現を求めて動きのシミュレーションを実施し、設計に役立たせる必要がある。

4.3 組立と性能試験

図4のアイデア設計に基づいて完成したロボットを図5に示す。このロボットの動作に関わる性能試験を実施する。競技コート上の自分側コートの所定の場所4箇所、トンネル上の所定の場所3箇所、合計7箇所にスポンジボールを置く。また、仕切り板上とトンネル上の所定の場所3箇所、合計7箇所にスポンジボールを置く。全ての7個のボールを相手側コートに運び込む時間を測定する。表1にその結果を示す。これより、ロボットの安定した動きが確認された。

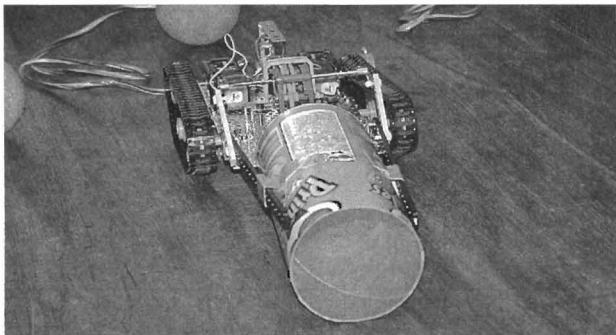


図5 アイデア設計を基に完成したロボット

表1 ロボットの動作に関わる性能試験結果

	1回目	3回目	3回目	平均
7個のボールを運び出す時間(分秒)	2' 29"	2' 24"	2' 26"	2' 26"

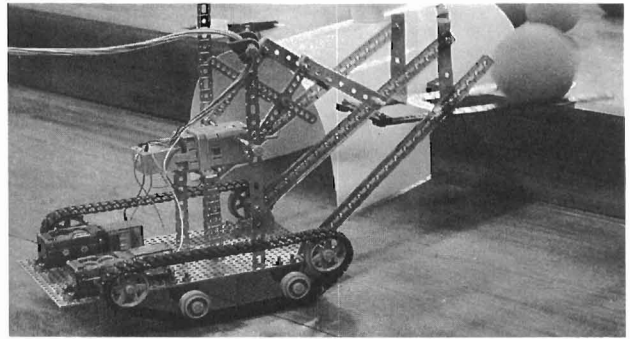


図6 製作したアイデアロボット(その1)

4.4 コンテストのための各種アイデアロボットの製作

競技用ルールに基づき、相手側ロボットの行動を予測しながら、自分のロボットの最善の行動を決め、それを実際に再現するロボット機構を創造する。ボール一つひとつをつかみ、その都度、ボールを正確に相手側のコートに入れる方法は、确实ではあるが、限られた時間内に効率的に相手側コートにすべてのボールを入れることは難しい。そこで、ボールを一括処理する方法について、次の2つのタイプを考える。

(1) ボールを並べて一括処理する方法

図5は円筒形の容器を使ってボールを並べて入れていくタイプでボール保持という点では安定感があるが、ボールの取り入れ口が狭く、取り込む行為にロボット操縦性が要求される。図6はリンク機構を応用したロボットで、ボールを3個整然に並べてすくうことで一度に処理することができる。しかし、ボールを整然と並べたり、上手にすくうためにはやはり高いロボット操縦性が必要である。

(2) ボールを一度に囲い込む方法

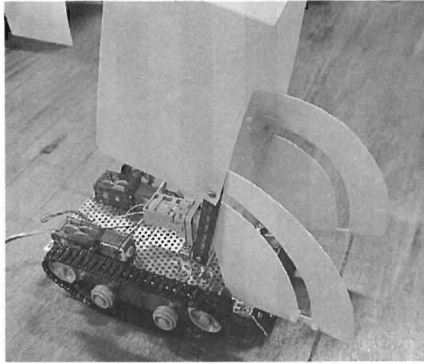
図7のロボットはボールを並べるのではなく、ボールが集まってさえいれば一度に囲い込んで処理する方法であり、あまり高い操縦性も必要ではなく、効率的にボールを確保することができる。相手側のコートに入れる場合でも確保した状態で移動することで十分である。ボールをつかむことも必要ない。

5. 中学生のためのロボット製作実践の指導法

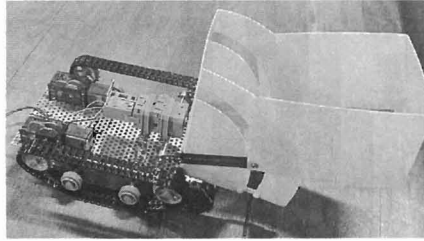
5.1 ロボット設計製作のための小グループ活動

5.1.1 ルールの確認

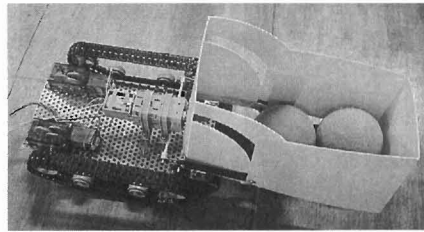
ロボットの設計製作に入る前に、まず競技のルールについて熟知する必要がある。全員でルールブックを何度も読み返し、勝敗の決め方、違反となる行為等を確認し、さらには競技上の疑問点の解消に努めなければならない。



(1) ボール確保前の移動姿勢



(2) ボール確保動作中



(3) ボール確保前の移動姿勢

図7 製作したアイデアロボット (その2)

5.1.2 チームとしてのグループ活動

ロボットの設計製作実践にあたり、生徒をグループ分けし、小集団の活動として、チーム対チームの活動として、製作活動に励むよう指導する。チームにはリーダーの存在が不可欠であり、チーム内の一人ひとりが製作に貢献できる役割を担い、活動する。チーム内のグループ活動として、まず安全作業に心がけるべきである。安全に対する注意点は何かを整理させることが重要である。次に、使用できる工具や機械の種類について明らかにし、それらの使用法について確認しておく必要がある。

そして、機構選定へのプロセスとして、以下の項目に留意しながら、グループ内で機構アイデアについて話し合うことが、良い機構選定への礎となる。

- ①黒板を使って何回もアイデアを描いて、話し合って決めていく。
- ②生活の中でアイデアを出せるように指導する。
- ③ひらめいたアイデアを大切にす。たとえば、縄を使って一度にボールを捕るアイデアや一

度に吸い込むアイデア等をメモしておく。

- ④授業で習った機構を生かして発展的なものを考える。

5.2 ロボット製作実践

5.2.1 機構設計書の作成

グループで話し合った後、アイデア設計やスケッチを基に概念設計を行う。実際の機構設計には、思い通りの動きになっているかどうかの確認をする必要がある。簡単な方法としては、紙（ダンボールなど）を使ってのシミュレーションによる検討が上げられる。コンピュータも身近な道具であり、最近では機構の動きを確認できる簡易で安価なソフトもある。このようなソフトを用いて、機構の動きをバーチャル空間上でシミュレーションして検討すればコンピュータの活用にもつながる。この概念設計を基に具体的な機構設計書を作成する。

5.2.2 材料の選定と接合・組立方法

この機構設計書に基づき、実際に製作を始めるにあたり、材料の選定や接合方法を考える必要がある。このとき、材料の形状を変えることで接合方法を変える必要が生じたり、また組み立てたときの力学上の問題で材料変更や組立変更を迫られる場合もある。さらに、加工するとき、どのような道具や機械が必要になってくるか検討し、その使用上の安全性についても留意する。表2は中学校技術分野で主に用いられる材料について、その接合や切断・組立で用いられる道具・機械類についてまとめたものである。また、表3は使用する材料の形状について分類したものであり、形状選択の際の参考資料とする。

表2 使用する材料と道具の関係

材 料	接 合	切断・組立
紙	のり, ボンド	はさみ, カッター, セロテープ, ガムテープ
バルサ材	ボンド	のこぎり, カッター, キリ
発泡スチロール	ボンド	カッター, 電熱線, キリ
プラスチック	専用接着液, ボンド	弓のこ, カッター, ボール盤, 糸のこ盤
木材 (杉・ラワン材等)	釘, 木ねじ	のこぎり, ドライバー, げんのはし, ボール盤, 糸のこ盤
金属 (アルミニウム材等)	ビス, ナット, ねじ, リベット	弓のこ (棒材), ドライバー, げんのはし, ボール盤, 金切りばさみ (薄板), 糸のこ盤

表3 材料の形状分類

材料の形状	角柱断面	三角柱断面	円柱断面
中実	■	▲	●
中空	□	△	○

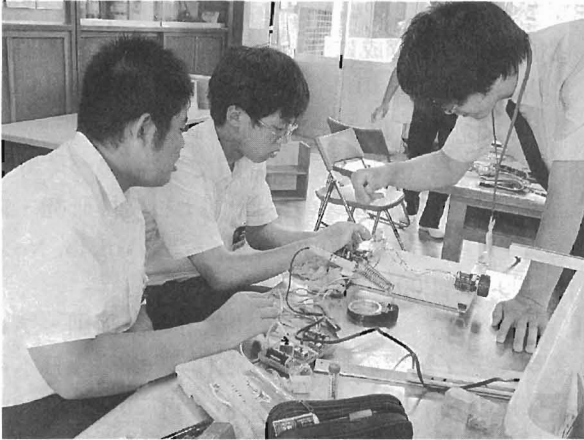


図8 組立指導の実践

5.2.3 製作のための実践指導

実際の製作にあたっては、安全作業が第一であり、怪我をしないように指導するとともに、工作では理論的な指導、経験上の指導を含めた全体的なスキルの指導も欠かせない。以下に、その実践指導のポイントについてまとめる。

[電気回路関係]

①電子回路製作のためのリード線の切断作業

ニッパ工具を机上に配布する。リード線のビニール被覆をニッパでとる。

芯線をばらつかないように、よりあわすことを指導する。

②リード線接合のためのはんだ付け作業

生徒を一箇所の作業機の周りに集め、正しいはんだ付け作業の手本を見せる。

利き手側に「はんだごて」、空き手側に「はんだ」をもつよう指導する。

はんだ付けは、配布したブリキ板の上で行い、紙の上では作業しないよう注意する。

[木材加工関係]

①木材切断のためののこぎり引き作業

両刃のこぎりで、けがき線に沿って切る。縦引き用と横引き用を区別して使用する。切断する材料を固定して、のこぎりのひきこみ角度に注意する。目の位置は、けがき線の延長線上にあり、のこぎり刃の全体を使って切るように指導する。

また、のこぎり引きでは、手前に引くとき軽く力を入れることが肝要である。

②げんのうの使い方

釘打ちの際、打ち始めは柄の真ん中あたりを持って、げんのうの頭の平面側で打つ。次に柄の端の部分に持ちかえて、手首を利用して打つ。釘打ちの終了間じかにげんのうの頭をまるみ側

に持ち変えて完全に打ち込むよう指導する。

[金属加工関係]

①金属切断のための弓のこ引き作業

金属材料を加工する際には、できるだけ材料を万力に固定して動かないよう注意する。弓のこは両手でもち、弓のこ替刃は押したとき切れるように刃を取り付けることである。

②ボール盤作業

機械を操作するため、安全作業に気を配る。ドリル工具をチャックに取り付ける際にはドリルかチャックの中心にくるように注意する。加工する材料の種類に応じて適切なドリル工具を用いる。通し穴を開けた後は、少し大きいドリルを用いてバリ取りを行う。

[機械要素関係]

①ダブルナット止め作業

ボルトを用いてナット止めする場合、ナットが緩むことが多い。そこで、ナットを2つ重ねて使用することで緩み止め効果を持たせる方法である。下ナットを締めて後、上ナットを締める。次に、上ナットを固定して、下ナットを逆に回して固定する。

②釘、ねじ止め作業

使用する木ねじや釘の長さは通常、板厚の2.5～3倍の長さのものを標準的に用いる。

5.2.4 組立と検査の実践

製作が終われば、最後の工程である組立作業と検査作業になる。この段階において次の点に注意する必要がある。①全体の重量的なバランスと②組立精度と性能検査である。

①全体の重量的なバランス

すべての部品を組み立て、ロボットとして完成したとき、重量のバランスを考える必要がある。もし、静特性としての重量バランスが不安定であれば、設計変更となる。この場合、全面的な設計変更になる場合もあれば、材料の変更や形状変更で済む場合もある。しかし、重要なのはロボットを操作して初めてわかるロボット自体の動特性である。動きながらの把握動作がスムーズになるよう工夫する必要がある。

②組立精度と性能検査

部品の一つひとつの形状精度は良くても、それが合わさって組み付けたときの形状精度が悪くなっていると、ロボット全体の動作性能は悪くなる。たとえば、それが、スポンジボールの把握動作機構の部位であれば、ボールがつかめなかったり、つかみ損ねたりすることになる。

一つひとつの部品，部位，ロボット全体の精度チェックの指導も重要である。

6. 結言

本研究では，ロボットコンテストを利用したものづくり教育に関する研究を行い，その結果は次のようにまとめられる。

- (1) コンテストを利用したロボット製作の指導法と有用性について考察した。
- (2) ロボット製作を実践する際のプロセスとして，機構のアイデア設計，構造設計，製作，組立と検査があり，それらの指導方法について考察した。
- (3) 中学生への製作に関わる実践指導という観点から，指導上の留意点についてまとめた。

謝辞

本研究に協力いただいた岡山大学教育学部の学生の皆様，および教育学部附属中学校の生徒の皆様にご感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 鈴木泰博，“技術科におけるロボットコンテストの実践”，日本産業技術教育学会誌，Vol.40, No.1, pp.53-56, 1998.
- [2] 多田禎智，“ロボットの設計・製作における課題解決能力の育成について——ポートフォリオを用いた評価を中心に——”，日本産業技術教育学会誌，Vol.42, No.3, pp.149-152, 2000.
- [3] 大倉宏之，木村誠，須見尚文，“ものづくり学習としてのロボコンの位置づけと教材研究・開発”，日本産業技術教育学会誌，Vol.43, No.4, pp.209-217, 2001.
- [4] 森慎之助，“ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析”，日本産業技術教育学会誌，Vol.47, No.3, pp.201-207, 2005.
- [5] 村松浩幸，土田恭博，稲垣忠，“中学校ロボットコンテストにおけるJr特許データベースシステムの開発”，日本産業技術教育学会誌，Vol.47, No.4, pp.281-287, 2005.
- [6] 村松浩幸，竹野英敏，“ロボット製作学習に関する技術科教員研修プログラムの開発と評価”，日本産業技術教育学会誌，Vol.49, No.2, pp.145-152, 2007.
- [7] 大橋和正，暮らしに役立つ技術と工学の基礎知識，共立出版，2008.
- [8] 第4回創造アイデアロボットコンテスト全国中学生大会，A-1部門「11-Ball Shooter」，競技ルール，2003.