

# 新学習指導要領を踏まえた技術科における 『ものづくり教育』のためのカリキュラムの開発とその実践

長松 正康 箕島 隆 嶋本 雅宏 林 祐太  
川田 和男 山本 透

## 1. はじめに

ものづくりにおける構想・設計や製作における問題解決を重視し、モータや機構を用いた動く模型による競技的要素を取り入れた「ロボットコンテスト」の有効性に対する認識が高まり、技術教育の様々なレベルで実践が広まりつつある<sup>1-4)</sup>。

山本、市川らは、デザイン性や独創性を求めるロボコンは多くみられるものの、実際にそれが必要とされる場面を考えさせるものはほとんど見られないと述べ、高齢社会の到来にともなった介護や災害現場における人命救助における人とのかかわりを考えるなど、技術そのものだけでなく、その使い方まで考えることの必要性を指摘し、レスキュー（人命救助）を題材としたコンテストの実践<sup>5)</sup>について報告している。

一方学習指導要領の改訂に伴って必修領域が増加し、これらを効果的に学ぶ題材が求められている。ロボット設計製作を授業の一環として取り組む学校も見られるようになり、教育的活動としての検討や整備が求められるようになった。

このような自由度の大きい設計製作課題を授業の枠内で実施する場合、以下のような互いに矛盾する要求をみだす配慮が必要となる。

- (1) 製作例を模倣して設計するのではなく、与えられた問題を解決する手段として設計製作を行う必要がある。従って生徒の発想を支援し具体的な設計に収束させるための教材、教具や指導法の検討が欠かせない。
- (2) 定められた時間割の中で完成させる必要がある。多少の融通ができる場合もあり得るが、指導要領解説等において達成感や成就感を得させることが強調されており「アイデアは良かったが未完成」は避ける必要がある。

(3) 様々なタイプの設計が可能であり、それぞれのタイプごとに最適な設計解が存在する。独自の設計が推奨される一方で、新規性の高い設計に挑戦した場合など製作後半まで進んだ時点で修正不能であることが判明し、最初の構想段階まで戻って一からやり直すこともあり、予定された時数を大幅に超過することになる。従って生徒の発想を大切にしながらも大きな問題点があれば設計の早い段階でそれに気づかせ、軌道修正を促す指導法の検討が重要となる。

(4) 生徒は思いつきやアイデアの段階から出発して、これを実装し動作するところまで具現化を行う。その過程で本物の設計開発と同じように発生する様々なトラブルを解決<sup>6)</sup>する必要に迫られる。これできるだけ自分たちの手で力を合わせて解決できるように問題の発見と特定、診断と対策の考案を支援するための手引きとなる資料の開発や、小集団での分担や協力を支援する方策が必要となる。

(5) グループごとに異なる設計製作を行うため多品種の部材の管理をはじめとする運営上の課題も存在する。

以上の全てを満たすことは容易でないが、うまく実現できれば、単なる競技的要素の導入による効果を超えた質の高い学びが実現される可能性がある。

本研究では、人命救助を題材とし、主に(1)に関して開発された教材教具の有効性を中心としつつ、(2)から(5)の検討に向けた試行的実践を行うこととした。

## 2. 学習材と単元

単元は指導要領で必修化された4領域のうち主に「A材料と加工の技術」と「Bエネルギー変換の技術」を対象とし「C情報の技術」を含むものとし、これまでに中学生を対象として夏季休業中に実施した工作教室における実施経験の蓄積をもとに以下のような単元

計画の概要を作成した。

1. 導入
  - ・地震・レスキューロボットについて調べよう
  - ・調べたことをまとめよう
  - ・被災者の方を助ける方法を考えよう
  - ・競技ルールを知ろう
2. 構想設計
  - ・ダミ様（ダミー人形）を救助しよう
  - ・構想を考えよう
  - ・構想図を描いてみよう
  - ・コンピュータでまとめよう
  - ・機構を知ろう、加工を知ろう
  - ・設計を見直そう
3. 製作
  - ・危険を予知しよう
  - ・ロボットを作ろう
  - ・問題とその解決方法
4. プレゼンテーション
  - ・アイデアを伝えよう
5. 競技
  - ・テストランをしよう
  - ・プレゼンテーションしよう
  - ・救助しよう
  - ・技術の評価

時数配当は各学校によって異なるが全体で25時間程度を想定している。設計における思考を促進する教材教具については、附属東雲が時期的に先行していたため、授業と同時進行でワークシートや機構模型等を作成した。前者については三原、福山での実践における参考資料として配布された。

前記(2)で述べた通り設計段階の個別指導においてどこまで自由度を設定し、どの程度助言したり誘導するかの判断はその後の指導時数に大きく影響する。指導者にとってはもっとも悩ましいところであり、生徒の状況や各学校における指導経験の蓄積などを考慮しながら慎重に決めることになる。機構模型等の教材教具についても、「模倣すればすぐ使える」レベルから、動きの変換のしくみのみを示し「どのように具現化するかを学習者が考える」レベルまでいくつかの段階がある。現行教科書では、変換のしくみが数例とすぐ使える形のものごく少数例示されている。

この実践においては統一した形での機構模型等は用意されず各学校に任される形で実施した。従って各学校の教員の考え方や工夫が反映されたものとなっている。

### 3. 実践

#### (1) 附属東雲中学校

標準カリキュラム案では25時間計画となっていたが、本校では、35時間をあてることが可能であったので、進行状況を見ながら必要に応じて時間を追加して実施した。

#### ・詳細な構想の共有と生徒の活動状況

個人でアイデアを考えした後で、グループでアイデアを一つにまとめる作業を行った。アイデアのまとめ方には、各自のアイデアを合成して構想図を考える方法と、誰かのアイデアをベースにして構想を考える方法がある。後者の場合、アイデアが採用された生徒は構想の詳細をよく理解しているが、それ以外の生徒については、一つの作業終了後に手を止めている生徒が多くみられた。

理由を尋ねると、動きなどの概要は分かるが具体的な実装の方法まではグループで共有されていないことや各部分の名称などの言葉が分からないため質問することも難しい状況であることが分かった。

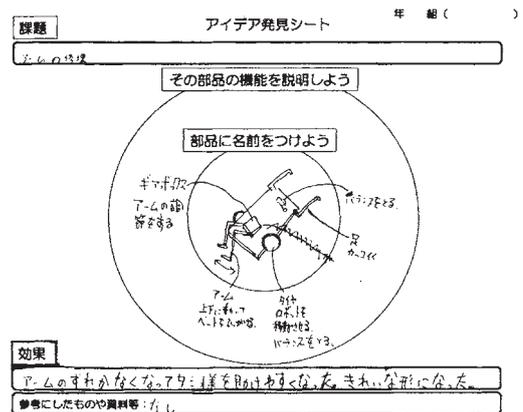


図1 アイデア発見シート<sup>7)</sup>

そこで、時間を追加し自分のグループのロボットに使われているアイデアを見つけて構想図に記入する作業を取り入れた。このためのアイデア説明シートの事例を図1に示す。各部分に名前を付けて説明を書く形式となっている。

これにより、分からない部分について、

「～の部分をやりたいのだけど～の方法が分かりません。」

のような話の形で教師に質問することができるようになっただけでなくグループで相談する場合にも、言語による表現ができるため共同作業が円滑にできるようになった。

#### ・ロボットの構想および製作

ロボットのしくみを決めていく上で、機構模型を参考にする様子が多く見られた。生徒は機構模型を、

①どのような機構で目的の動きを得られるのか

②具体的に組み立てる際の固定方法の確認

といった大きく2つのパターンで利用していた。

また、製作に用いる材料として木片などの廃材を多く利用して費用を抑えて授業を行ったが、標準カリキュラム案どおりに授業時数を25時間で行う場合は、作業時間を考慮して使用する材料を選択する必要があるように感じられた。

木材の端材を用いた生徒の作品（製作中）について図2に示す。歯車が車体と干渉しないように角穴を開けており、このように部品のレベルから製作を始めると考えるべき要素が増加する。

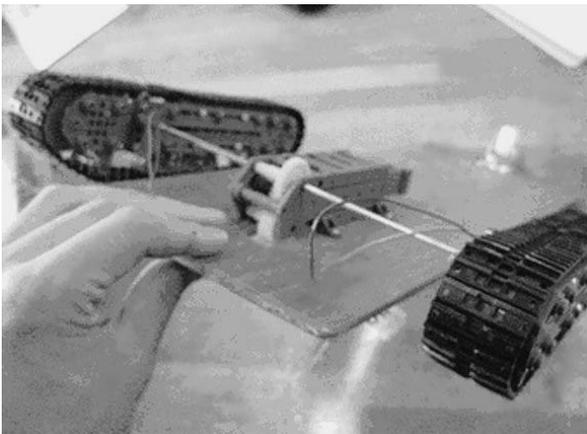


図2 端材を有効利用した作品

#### ・課題

生徒の評価は、生徒の個人の活動とグループの活動状況を合わせて個人の成績とする。現状では、最終的な評価をまだ行っていないが、授業者が把握している生徒の評価と、作成した評価項目による成績にずれがないことを確認する必要がある。

#### (2) 附属三原中学校

##### ・使用学習材等

昨年度までは中学校3年次にこのレスキューロボットの学習をしていたが、本年度は今後の新学習指導要領を睨み中学校2年次で進めた。本年度の授業時における学習については、附属東雲中学校のプログラムを参考に、進度については附属福山中学校と共同ですすめた。ロボットの材料については、基本的には昨年度までのロボットの部品をリサイクルすることになっている。ギアボックス、クローラなど消耗の激しいものは、新品の部品を使用することになっている。ロボットのリサイクルする際に、昨年度までの各機構や組み立て方を紐解く作業をしながら学ぶ点も多いと考えられる。また、過去のロボットはすべてそのまま綺麗にリサイクルできることができ

ない点も学びのひとつと考える。部品を固定する小ねじの頭が壊されていたり、モータとコードをはんだづけする際に他のプラスチック部分にはんだごてがあたってとけてうまくギアが回らなかったり、大きさや長さの違うねじがひとつの箱に入っているものを分類したりと過去のロボットから部品などの状況をみながらリサイクルする工程から世の中のリサイクルの学習も体験的に学習している様子が伺えた。

##### ・成果と考察

本校において一番学習が困難なリンク機構の学習の基本学習はヤマサキのリンク教具を使用し、その後、身のまわりの製品（傘、ブラインド、折りたたみ椅子など）を製作した。その後各班のレスキュー部分の動きを具現化していく過程においてトライ&エラーの連続であった。生徒は人の動きである遙動運動からレスキューする際の動きを連想する。しかしながらレスキューロボットの動力源は回転運動である。次の図3は生徒作品例の一部ではあるが、当初の設計をそのまま具現化できたわけではなかった。

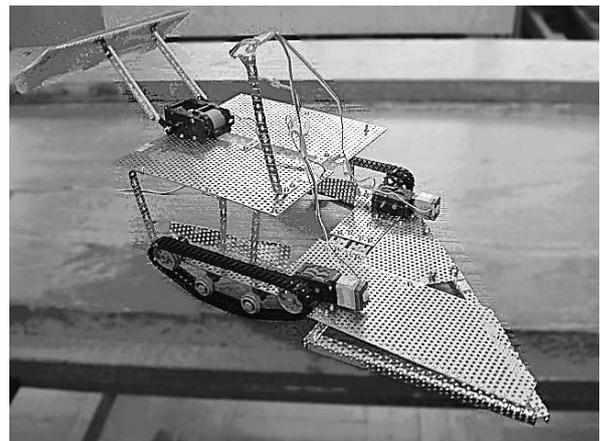


図3 設計変更を重ねて具現化した作品1

図3の班の当初は、レスキューダミー及びベッドをクレーンのように持ち上げロボットの上に乗せることを提案していたが、ルールにあるレスキューダミーへの吊り上げられる恐怖を考え、またロボットがレスキューダミー及びベッドを引っ張る際にロボットの回転軸からの距離が遠ければ遠いほど遠心力が働くことを調べ、なるべく回転軸に近い格納式を選ぶことになった。

本年度のレスキューダミーには、振動センサでなく加速度センサが採用されることを考え、またレスキューダミーへの心理的不安を考えての設計変更及び機構変更が見受けることができた。

##### ・課題

レスキューロボットの学習を進めていく上で、本校における課題は、レスキューを達成する際の効

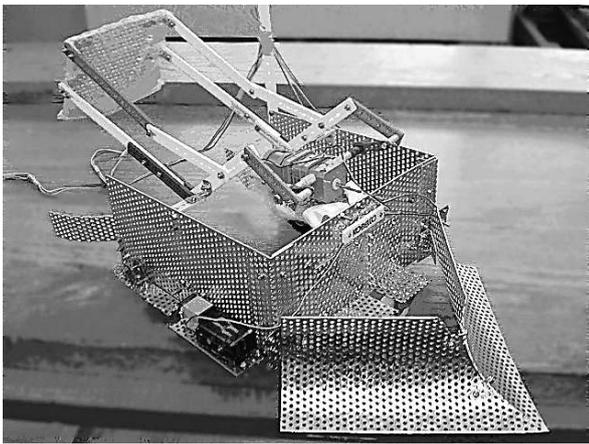


図4 設計変更を重ねて具現化した作品2

率を最重点項目として重視してしまう点である。その為、当初の計画を曲げて確実性を求める傾向にあるため他校に比べチャレンジ要素の強い機構をもったロボットができにくい状態にある。今後は、他校との連携を深めながら効率性だけでなく幅広い思考の拡張を狙っていきたい。

### (3) 附属福山中学校

#### ・使用学習材等

#### ○過去の中学生レスキューロボットコンテスト(以下、中学生レスコン)のビデオ(約8分)

本校生徒は、NHKで行われているロボットコンテスト(通称:ロボコン)については知っていたが、中学生レスコンを含めた、レスキューロボットコンテストについては全く知らなかった。そこで、ある程度のイメージを持つことで、ロボットの製作の過程で参考になると考え過去の中学生レスコンのビデオを視聴した。また、その中で、人を救助するロボットであるということは、「やさしさ」が求められているということについても考えさせた。

#### ○機構モデル

本校生徒の大半が「機構」という言葉を知らなかった。また、構想設計の段階においても具体的な動きはイメージできていても、どのような仕組みで動かせば良いかというところまでイメージができていなかった。そこで機構学習の導入で、傘やいす、ブラインドなど身近なものの中に使用されている機構について触れた。さらに、機構の中でも代表的なもの(てこクランク機構、スライダクランク機構、カム機構、ラックとピニオンを使用した機構)のモデルを提示し、ロボット製作に活用させた。

#### ○ギヤボックス実験教具

附属三原中学校で行われていた授業内容を参考にし、変速可能なギヤボックスに約500g(=実際に

使用されるダミー人形とベッドの重さに近い重量)のおもりをつなぎ、その持ち上がり方を観察した。さらに、おもりを持ち上げた時の電流の大きさを観察することで、エネルギーの効率について考えさせた。ロボットの製作において、ギヤ比の異なるギヤボックスから使用する用途や目的に応じて生徒自らが最適なものを選択することができるようになることをねらいとした。

#### ・成果と考察

本校生徒が最も苦戦していたのは、構想設計で思い描いたものを実際に形に仕上げるところであった。製作当初「ハンドの開閉はどうすれば良いのか」「水平にアームを移動させるにはどうすれば良いのか」といったことで頭をかかえていたが、再度授業で使用した機構モデルを提示することで、真似ではなく、生徒自身で工夫をしながら設計した形に近づけることができていた。また、「使用しているギヤボックスでは直接ダミー人形を持ち上げるには無理がある」という問題が発生した時には、教師側から「なぜクレーン車は重いものを持ち上げられるのか」という投げかけから、生徒自身でクレーン車の仕組みを調べ、動滑車を採用するといった場面も見られ、エネルギーを効率よく利用することの大切さに気づくことができたと考える(図5)。

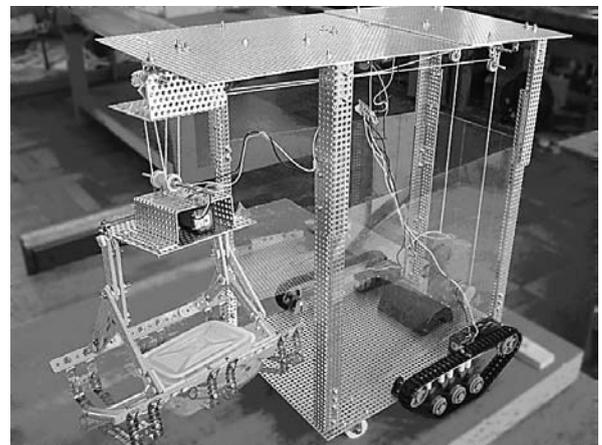


図5 実在する機器の仕組みを調べて設計した作品

また、実際に救助活動の練習を行う中で、ダミー人形に与える影響を考えるとといった場面も見られた。

例えば、「ハンドの爪が頭部と脚部の2ヶ所だけでは不安定」だったものを「腰部にも爪を加え、安全かつ確実に救助」できるように改良するなど、人へのやさしさを考慮しながら製作を行う場面も多く見られた(図6)。

#### ・課題

本校は本年度が始めてのレスキューロボットの学

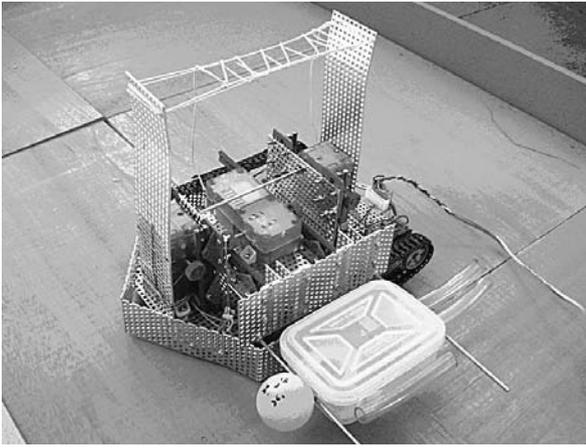


図6 要救助者の負担低減を意図した作品

習ということもあり、製作したロボット部品の再利用等については考えさせる時間がなかった。今後は自分たちの製作したロボットを解体するところまで行い、無駄のない設計についても考えさせていきたい。

#### 4. 考察とまとめ

今回の実践では、各校の工夫に依存する部分が多く負担も大きかったと思われるが結果的に多くの実践上の知見を得ることができた。前章の実践報告に沿って考察を行う。

- (a) 構想図の各部分に名称を付け、説明を記入させる作業により、言語による説明が容易となりグループによる共同作業が円滑に行われるようになった。
- (b) 生徒は機構模型を本来の目的である「どのような機構でどのような動きを得られるか」を知るだけでなく、「具体的に組み立てる際の固定方法の確認」に用いている。ロボット設計製作活動では各部品の3次元の位置関係に制約が強いため、中学生が取り組む場合、設計時点では具体的な寸法まで記入せず製作に入り、現物による位置あわせで解決することが多い。発達段階を考慮し時間の節約を図る点で合理的であるが、「試行錯誤」が多くなりすぎる場合も想定される。従って部品の固定や位置関係の決定や修正活動を支援する工夫が求められる。
- (c) 作品を解体しリサイクルする活動について、当該年度の生徒がリサイクルするのではなく、次年度の生徒がこれを行うことにより、機構や組み立て方を学ぶ方法も可能である。英国の中学技術教科書において、製品の分解を通して様々な考察を行う活動が4ページにわたって記述された例<sup>8)</sup>もあり単元計画の編成に参考となる。
- (d) 報告文中には記述されていないが三原実践においては図4にも見られるように、意図的に各リンク

の色を変えた模型を使用している。動きを理解する際、4本のリンクを同色にした場合に比べて明らかに各リンク個別の動きの把握が容易となる。これに加えて、各リンクを言語で指示するてがかりの一つにもなり得るため共同作業の円滑化等に有用と思われる。

- (e) 同じく三原実践において「レスキューを達成する際の効率を最重点項目として重視してしまう」、「チャレンジ要素の強い機構をもったロボットができていく」との記述がある。今回の題材では「はじめに」の(2)および(3)の項で述べたような問題に対応するため、比較的簡単な技術で課題が達成できるような設計の選択肢が残されている。これは教育的配慮により前述の事態を回避するための方策である。しかし学習者の立場で課題を分析し「確実に救助する」ことを目標に設定したとすればこれは合理的な解決策であり、課題設定のあり方が学習の質に影響を及ぼすことが改めて確認できた。従ってルールの検討等により設計タイプごとの課題の難易度の分布を調整するなどの改善を考慮する必要がある。
  - (f) 実践記述(福山)において、救出する人形とベッドの重量に相当する荷重を持ち上げる際の電流を計測することによりエネルギーの効率を考えさせている。進んだ学習や理科の学習との関連性をねらう場合には有効な方法と思われる。
  - (g) ギアボックス単体ではトルク不足で「直接ダミー人形を持ち上げるには無理がある」という問題に直面した生徒に対し、教師が「なぜクレーン車は重いものを持ち上げられるのか」という問いかけを行うことにより生徒自身が仕組みを調べて問題の解決に至った例が報告されている。解決のプロセスとして教育的な効果の高い方法であり、今後このような指導例の蓄積と共有化を図る必要がある。
- 以上、人命救助を題材としてもものづくりにおける構想・設計や製作における問題解決を行う単元の開発を行い附属校3校においてそれぞれ工夫された実践を行った。今後は指導法の検討を重ねるとともに、残された課題の解決を図っていきたい。

#### 引用文献

- 1) 山本,家永,田口,牧野: 中学校におけるロボットコンテストの実施調査,日本機械学会論文集 (C) 73-725, pp.2-9 (2007)
- 2) 中山,吉田: 高専NHKロボットコンテストにおける技術習得と人間育成,日本機械学会公開研究会・

講演会講演論文集pp.39-40 (2000)

- 3) Barak, M., Zadok, Y. : Robotics Projects and Learning Concepts in Science, Technology and Problem Solving, International Journal of Technology and Design Education, 19 - 3 pp.289 - 307 (2009)
- 4) Piotrowski, M., Kressly, R. : IED Cleanup : A Cooperative Classroom Robotics Challenge - - The Benefits and Execution of a Cooperative Classroom Robotics Challenge, Technology Teacher, 68 - 4, pp.15-19 (2009)
- 5) 山本,市川 : 中学校技術科教育としてのレスキューロボットコンテスト,知能と情報18-1, pp.55-58 (2007)
- 6) 国立教育政策研究所編 : 生きるための知識と技能 2 OECD生徒の学習到達度調査 / PISA2003年調査 国際結果報告書, ぎょうせい, pp.206-207 (2004)
- 7) 村松 浩幸 : 技術科におけるアイデア表現とは何か (研修資料), 中学校教員向け 知的財産研修会,特許庁主催 (2009) .
- 8) ジェームズ・ガラット : デザインとテクノロジー, pp.306-309,コスモス