

機構モデルを用いたロボットコンテストにおける中学生の工夫・創造時の思考内容の探索的検討

An Exploratory Study of Students' Creative Thinking in a Robot Contest Using Mechanical Model at Junior High School

末吉克行* 世良啓太** 森山 潤***
SUEYOSHI Katsuyuki SERA Keita MORIYAMA Jun

本研究の目的は、技術・家庭科技術分野のロボットコンテスト題材における生徒の工夫・創造時の思考内容を探索的に把握することである。H県下中学校で機構モデルを用いたロボコンに参加した中学2・3年生、男子12名を対象に、ロボットの構想、設計、製作、評価、改善時の工夫・創造について半構成的面接法を用いたインタビューを行った。得られたコメントを石井（2003）の「創造性のプロセスの分析スキーマ」を参考に設定した「コンセプト」、「プラン」、「製作」、「トリアル」の4カテゴリに分類し、「論理的な思考」、「問題解決の戦略立案」、「試行錯誤による発見」など、計36項目の「工夫・創造カテゴリ」が抽出された。また、製作されたロボットを「①モデル模倣型」、「②モデル改良型」、「③独自アイデア型」に分けて比較したところ、「③独自アイデア型」を製作した生徒の問題解決は試行錯誤的であり、「プラン」や「トリアル」のプロセスが活性化されていたことが示唆された。

キーワード：中学校技術・家庭科技術分野、ロボットコンテスト、半構成的面接法、工夫・創造、問題解決

1. はじめに

本研究の目的は、技術・家庭科技術分野（以下、技術科）の授業で取り扱われるロボットコンテスト（以下、ロボコン）における生徒の工夫・創造時の思考内容を探索的に把握することである。

2017年3月告示の中学校学習指導要領では、技術科の目標において、「技術を工夫し創造しようとする実践的な態度」の育成が掲げられている¹⁾。また、技術科における工夫・創造する能力は、生徒の生活が適用の場とされていることから、「ものづくり」などの実践的・体験的な学びの中で育成することが標榜されている。つまり、「生活を工夫し創造する能力」を育成する観点と踏まえ、技術科の授業では、「ものづくり」に関する基礎的・基本的な知識や技能を習得させることにとどまらず、製作品に工夫・創造の要素を取り入れた題材設定が重要と考えられる。

一般に、題材には、生徒にとって変更の余地が少なく、結果として画一的な製作品が出来上がる自由度の低い題材もあれば、実践のあらゆる段階で生徒が変更を加えることができ、結果として千差万別な製作品が出来上がる自由度の高い題材もある。具体的には、工夫・創造の能力育成に向けた題材として、ロボコンがあげられる。ロボコンとは様々な設定された課題の解決に向けて、個人ないしはチーム対抗でロボットの設計・製作や操作を競うコンテストである。代表的な例として大学生や、高校生を対象とする「NHK 学生ロボコン」²⁾ や、中学生を対象とする全日本中学校技術・家庭科研究会主催「創造アイデアロボットコンテスト」が様々な地域や全国規

模で催されている³⁾。生徒・学生のアイデアや切磋琢磨の様子が多くのメディアに取り上げられ、課外活動の一環であったロボコンは広く認知されるようになってきている。技術科の授業においてもロボコンは教科書に実習例として記載されており、題材の一つとして位置づけられている。

例えば、村松ら（2005）は、現実の特許制度を疑似体験できる「Jr 特許データベースシステム」を開発し、複数校で共有、運用することで創造性を促すとともに、知的財産学習を行えるロボコンの開発・実践を行っている⁴⁾。また、大橋ら（2010）は高い創造性が発揮できるように、ロボットの基礎設計、製作方法、組立に焦点を当てた指導方略の提案を行っている⁵⁾。

このように、技術科では工夫・創造の能力育成に向けた学習指導の視点からロボコンを題材とする多様な実践や研究が行われている。一方で、ロボコンには、その自由さゆえに指導上の難しさがあり、具体的な実践が必ずしも普及しているとは言い難い。森山らは、技術科担当教員を対象に題材としてのロボコンについて意識調査を行っている。その結果、教員の意識として、ロボコンを題材として取り入れることで、工夫・創造の体験を期待する一方で、実践経験のある教員は23.3%に留まり、題材として取り入れる困難さが報告されている⁶⁾。ロボコンを題材として取り入れる困難さとしては、授業時数の不足や予算面など授業運営上の多様な理由が考えられるが、その一つとして教員が工夫・創造する能力の育成に向けて、題材として自由度の高いロボコンを設定した場合に、生徒の工夫・創造時の思考内容を適切に把握し、

*宝塚市立長尾中学校

平成29年6月28日受理

**兵庫教育大学大学院（博士課程）教科教育実践学専攻生活・健康系教育連合講座

***兵庫教育大学大学院教科教育実践開発専攻生活・健康・情報系教育コース、教育実践高度化専攻授業実践開発コース 教授

評価・支援することの困難さが挙げられる。教育現場では、技術科の目指す工夫・創造の能力を、製作品の審美性やレポート記述の文章力によって評価することも決して少なくなく、工夫・創造について、指導する側が指導したい内容について検討しても、これは生徒自身の内面にある工夫・創造の内容を明らかにしたことにはならない。この問題を対処し、教員が的確に生徒の工夫・創造の能力を捉えることが可能になれば、ロボコンのような自由度の高い題材を授業に取り入れることへの敷居が下がるのではないかと期待される。

技術科の授業における生徒の工夫・創造時の思考内容について尾崎(2011)は、「設計・計画」の学習を展開する上での観点から、「工夫・創造」を育成する「設計・計画」の学習指導と学習評価について、実践を基に整理している⁷⁾。そこでは、「設計・計画」の学習の上での「工夫・創造」の構造として、「工夫し創造する思考・判断行動」を「入力課題」と「解決行動」の間に位置づけ、「外部条件」や「内部条件」を活用しつつ取り組むものと位置づけている。一方、石井ら(2003)は、認知科学の観点からLEGO マインドストームでのブロックの組み立てを題材とした分析を試みている。その結果、ブロック型のロボットの設計・製作という創造的活動における学習者の心的操作と外的操作を捉える枠組み(創造性のプロセスの分析スキーマ)として、「コンセプト」・「プラン」・「トライアル」を提唱している⁸⁾。

しかし、尾崎の研究ではものづくり学習における「設計・計画」にのみに焦点が当てられている点に課題が残されている。これに対して石井らの研究は、ロボットの設計・製作を題材に創造性のプロセスを把握している点で極めて有用である。しかし、題材にLEGO マインドストームのブロックの組み立てを用いたため、技術科の授業で取り上げられるロボコンのように、機構モデル等を自ら部品を構成して作り上げる「製作」の場面を含めた検討が十分ではない。

そこで本研究では、石井らの提唱した「コンセプト」、「プラン」、「トライアル」に「製作」を加えた分析フレームワークを作成し、ロボコンに参加した中学生の工夫・創造時の思考内容を探索的に把握することを試みた。

2. 研究の方法

2.1 調査対象

被験者は、H県下のH大学附属中学校2・3年生、男子12名とした。被験者は、同校の選択教科「技術」の履修者である。実践は2013年5月から7月に行った。以下、被験者を生徒A~Lとする。

2.2 ロボコンの概要

実践したロボコンでは、サッカーゲーム形式のルールを適用した。具体的には、設置したゴールにサッカーボールの代わりとして用意した11個のフィルムケースを制限時間内に対戦チームよりも多くゴールに運べたチームを勝者とした。なお、1チーム2人組として、1人1台の

ロボット・カーを個別に製作し、チーム対抗で競うこととした。また、ゴールには、3cm程度の段差を超えてフィルムケースを入れると高得点となる範囲を設定した。多くのゴールを獲得するためにフィルムケースを持ち運ぶ機構部分を生徒らが、独自で工夫・創造できるよう、製作見本にはシンプルなものを提示した。また、機構部分の製作に必要なラジオペンチやドライバーなどの工具は事前に配布したが、金属プレートやネジ、スペーサーなどの部品は個人で必要なものを選択して使えるようバイキング形式の環境設定を行った。実践は、チーム対抗のロボコン大会を含め、計5時間の授業で行った。具体的には、第1時では、ロボコンの概要やロボット全般の講義とした。第2時では、全てのロボット・カーの共通部分であるベース部分(以下、ベース・カー)の製作を行わせた。第3時では、フィルムケースを持ち運ぶ機構部分の説明し、それぞれに独自で機構を考えさせた上で、製作させた。なお、持ち上げる機構で使うアクチュエーターは、自転車のブレーキワイヤーを使用することとした。第4時では、完成した持ち上げる機構部分とベース・カーを組み立て、ロボット・カーを完成させた。その後、試走を行わせ、ロボコン大会前の最終調整を行わせた。そして、第5時ではチーム対抗のロボコン大会を行った。ロボコン大会では、6チームの総当たり戦を行った。1台のロボット・カーを、本体移動を行うリモコン操作担当と、持ち上げる機構のワイヤー操作担当に手分けして、2人で相談させながら操縦させた。1台目の試合が終わると、もう1台のロボット・カーに替えて試合を行い、2試合の得点合計で勝敗を決めた。ロボット・カーの製作例を図1に、ロボコン大会の様子を図2に示す。

2.2.3 調査内容及び手続き

ロボコンの実践後、放課後を利用して生徒A~Lを対象とした半構成的面接法(半構造化面接ともいう)を用いたインタビューを行った。半構成的面接法とは、中程度に構造化されたインタビューのことであり⁹⁾、質問者はあらかじめ質問事項を設定してインタビューに臨むものの、聞き手の状況に合わせて臨機応変に質問事項を変化させながら聞き取るインタビュー法である。インタビューでは、石井らの「創造プロセスの分析スキーマ」である「コンセプト」・「プラン」・「トライアル」に「製作」の

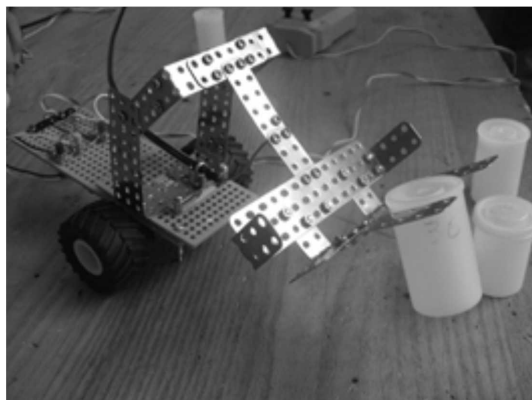


図1 ロボット・カーの製作例



図2 ロボコン大会の様子

プロセスを加え、これらの4観点に基づき、当初の質問項目を設定した。これは、前述したように、石井らの研究で使われたLEGO マインドストームのブロックの組み立てに比べ、機構モデルを用いたロボコンにおいては部品の加工や組み立て等の製作段階の比重が大きいためであり、このプロセスを含んでいた「トライアル」を「製作」と「トライアル」に分割したからである。この考え方に基づいて、「コンセプト」では「まず、持ち上げる仕組みをどのようにしようと思いましたが。」「プラン」では「どんな機構を使って作ろうとしましたか。」「製作」では「製作は順調でしたか。困ったことはありましたか。」「トライアル」では「動かしてみても、気になった点はありましたか。」などの質問を設定し、これらの質問をきっかけとして柔軟に質問を広げてコメントを引き出し、生徒の工夫・創造時の思考内容を聴取した。

3. 結果と考察

3.1 工夫・創造に関するコメントの分類

半構成的面接法を用いたインタビューの結果、計122件のコメントが得られた。石井らの「創造プロセスの分析スキーマ」を拡張したカテゴリに基づいて聴取した「コンセプト」・「プラン」・「製作」・「トライアル」に該当するコメント例を表1に示す。その結果、コメントの比率は、「プラン」(40.2%)が最も多く、「コンセプト」(23.8%)、「トライアル」(22.1%)、「製作」(13.9%)の順となった。これは、機構部分の製作における自由度が高いことで、生徒のコンセプトやプランの頻度が高くなったのではないかと考えられる。

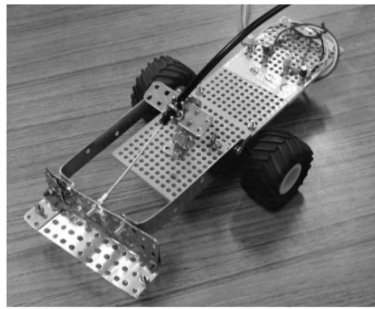
3.2 工夫・創造カテゴリと製作品との関連性

次に、生徒が製作したロボット・カーを教職経験20年以上の技術科教員2名で協議して評価し、「①モデル模倣型」、「②モデル改良型」、「③独自アイデア型」の3タイプに分類した(図3)。判断基準は、「①モデル模倣型」は、見本を基に作っており、ほとんど工夫がないもの、「②モデル改良型」は、見本を基にしつつもそれに手を加え、順当な改良が見られるもの、「③独自アイデア型」は、独自のアイデアや工夫を積極的に取り入れているものである。その結果、頻度は「①モデル模倣型」33.3%、「②モデル改良型」33.3%、「③独自アイデア型」33.3%となった。

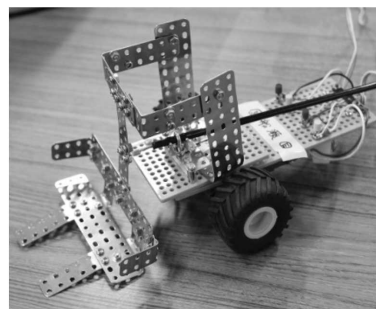
また、これらのタイプ別にカテゴリのコメント頻度を集計した結果を表2に示す。表より、全体的には、製作品タイプの工夫が進むにつれて、コメントの頻度が多かつ

表1 工夫・創造に関するコメントの分類・整理

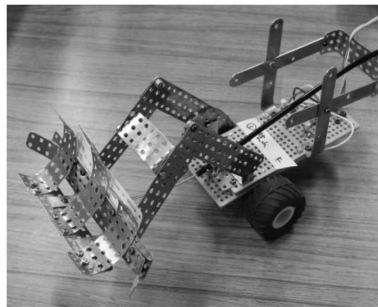
コメント例	カテゴリ
・ポイント取ろと思ったら、ケースを上に入れて、落とすって、これにしようかな、これがいいかなと思って	コンセプト
・どんな風に作るか解らなかつたんで、先生の作ったいくつかの見本があって、その中で一番これがいいかなって思ったのが、持ち上げるやつだったんで、これにしました	
・あとは、前に体重がかかりすぎるから、後ろに重さをつけて、やりました	
・先にこっち(アーム)を付けてしまうと、後で、幅とかが合わないかなと思って、解りやすいように	プラン
・昼休み、技術室で作ってて、ここ(可動アームのネジ)が緩かつたんで、締めてたら、めっちゃ固めすぎちゃって、ワイヤーやってみたら、むっちゃ固くって、なんやねんって思って、こっちの方見たら、上がつたんで、これ使えるなーと	製作
・とりあえず、例の形にしてから、どんなんが強いかなって、調整してって、ここを取り付けたりとか	
・問題は、ここ(アーム)が引っかかって、左側のタイヤが、あんまり回らなくなつて、右だけ回って、回転気味になつて、うまいこといかんかつた	トライアル
・引っかかることは、そうそう無くなつた、じゃあこれでいこう	



①モデル模倣型の例



②モデル改良型の例



③独自アイデア型の例

図3 3タイプに分類した製作品

表2 製作品タイプ・カテゴリ別のコメントの頻度

		コメントのカテゴリ				計
		コンセプト	プラン	製作	トライアル	
製 作 品 の タ イ プ	①モデル模倣型	11	11	3	7	32
	②モデル改良型	10	17	7	5	39
	③独自アイデア	8	21	7	15	51
	合計	29	49	17	27	122

た。また、「②モデル改良型」は「プラン」が多く、「③独自アイデア型」は「プラン」と「トライアル」が多かった。このことから、設計・製作の場面においては、モデルを模倣するのではなく、生徒なりの改良や発想を伴う場合に、「プラン」や「トライアル」のプロセスが活性化される可能性が示唆された。

3.3 工夫・創造カテゴリと問題解決プロセスとの関連性

問題解決のプロセスを把握するために、カテゴリ間の遷移を生徒別に取り出し、それを個別に集計した。生徒Gの例を図4と表3に示す。

生徒の問題解決のプロセスの遷移を分類した結果、生徒の問題解決プロセスは、「コンセプト」から「トライアル」までの一連のプロセスを4回以上繰り返す「頻繁Z型」(33.3%)、2～3回繰り返す「Z型」(33.3%)、「製作」と「トライアル」を繰り返す「微調整型」(16.7%)、いずれの繰り返しも少ない「直線型」(16.7%)に分類された。

各製作品タイプ別にこれらの問題解決プロセスの型の頻度を集計したところ、「頻繁Z型」は「③独自アイディ

ア型」の多くが該当した(表4)。このことから、「③独自アイデア型」の生徒の問題解決プロセスは試行錯誤的であり、他の製作品タイプの生徒よりも工夫・創造の問題解決が高まっているのではないかと考えられる。

3.4 工夫・創造を把握する下位カテゴリの抽出

以上の結果から、本研究で設定した「コンセプト」、「プラン」、「トライアル」、「製作」という4つのカテゴリは、適切に生徒の工夫・創造の思考内容を把握しており、そのプロセスを分析する枠組みとして利用可能であることが示された。そこで4つのカテゴリに該当するコメントを更に詳細に分類・整理した。分類したコメントの例を表5に示す。

その結果、「コンセプト」では「問題解決のストラテジー立案」(24.1%)、「同分野の先行事例(モデル)の模倣」(20.7%)など10項目、「プラン」では「論理的な思考」(38.8%)、「製作順序の検討」(16.3%)など14項目、「製作」では「試行錯誤による発見」(23.5%)、「アイデアの具体的試行」(17.6%)など9項目、「トライアル」では「問題の探索・発見」(66.7%)、「解決状況の評価」

コンセプト	プラン	製作	トライアル
↓ 作りやすそうなもの ↓ 使いやすそうなもの ・見本の中から選んだ	・前パーツを作り、後でケーブルを付けた方が作り易い(作り易さの順序)	・ワイヤー台がまっすぐだと、上まで上がらない(望んだ機能が働かない)	
	・ワイヤー台に角度をつける(機能するように、設計の変更)	・前パーツが上まで上がった(変更後の機能の確認)	・前方に倒れる(トラブルを発見)
	・前後の重さのバランスを取るために、後に重りをつける(解決策)	・バランスが取れた(トラブル解消の確認)	・前パーツが地面と水平にならない=すくにくい(不都合の発見)
	・前パーツの下の角度を変える(解決策)	・前パーツが地面と水平になった(不都合解消の確認)	・完成

図4 問題解決のプロセスの遷移の取り出し例 (生徒G)

表3 問題解決のプロセスの遷移の集計例 (生徒G)

		to			
		コンセプト	プラン	製作	トライアル
from	コンセプト	2	1		
	プラン			4	
	製作		1		3
	トライアル		2		

表4 製作品タイプと問題解決のプロセスの型

	頻繁Z型	Z型	微調整型	直進型
①モデル模倣型		A・G	H	B
②モデル改良型	J	F・I		C
③独自アイデア型	E・K・L		D	

A~Lは生徒

(18.5%)など3項目の下位カテゴリ、計36カテゴリが抽出された(表6)。

本研究では、これらの36カテゴリを「工夫・創造カテゴリ」と呼ぶこととし、その全体構造を図5に整理する。抽出された「工夫・創造カテゴリ」は、ロボットの構想、設計、製作、修正、改善の各プロセスにおける生徒の工夫・創造時の思考内容を捉えたものである。そのため、このカテゴリを分析フレームワークとして利用することで、今後のロボコンの実践における生徒の工夫・創造時の思考内容を把握することができるのではないかと考えられる。

4. まとめと今後の課題

以上、本研究では、技術科の授業で取り扱われるロボコンの実践における生徒の工夫・創造時の思考内容について分析した。その結果、本調査の条件内で以下の知見が得られた。

- (1) 機構モデルを用いたロボットの構想、設計、製作、評価、改善における生徒の工夫・創造時の思考内容について半構成的面接法を用いたインタビューを行い、得られたコメントを分類・整理したところ、「論理的な思考」、「問題解決のストラテジー立案」、「試行錯誤による発見」など、計36項目の「工夫・創造カテゴリ」が抽出された。

表5 工夫・創造の下位カテゴリ

プロトコル例	下位カテゴリ	
・より多く、カメラケースを取って、3点の所に入れようと考えた	問題解決のストラテジー立案	コンセプト
・先生の作ったいくつかの見本があって、その中で一番これがいいかなって思ったのが、持ち上げるやつだったんで、これにしました	同分野の先行事例(モデル)の模倣	
・作るのが簡単で、速くできるかなって	製作の容易性の検討	
・複雑やったら、作られへんし、それはそれで、操作が難しいから、単純な方がええかなと思って	課題の単純化	
・とりあえず、見た目よりは、機構の説明で、一番使い易そうなのを選んで、最終的に、これやな	使いやすさの検討	
・同じやったら、おもないし、それであかんとかわかったときに、もう一回自分も、同じで行かなあかんとなると、若干悲しいものがある	他者とは異なるアプローチの選択	
・あれの、挟む動作を縦にして、挟むところをかごにしたら、UFOキャッチャーのもうちょっと簡単なバージョンになると思って	他分野の先行事例の応用	
・作ってから改良できそうなので、すくい上げタイプにしよう	改良の余地、自由度の設定	
・とにかく、多く、車検にもぶつからんぐらいの大ききで、作ったら、むっちゃ入るから、こんな感じにしました	課題の制約条件への対応・検討	
・〇〇君が初めに、クレーンみたいなやつ作ってたやないですか、そうしたらええやんみたいな感じで浮かんで、こうしました	他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(コンセプト)	
・壁に行ったときに、ちゃんとすくえるように、すくった後に、下にすり落ちないように、ここをまず、地面と平行になるようにして、	論理的な思考	
・とりあえず、この部分を作って、後ろから順番に、これ付けて、これ付けて、これ付けて	製作順序の検討	
・ここが、ほんのちよっとだけ、ずっと置いてくように、ここで留めて、最後まで落ちないようにしました	問題点のオルタナティブなりカバリ	
・普通に操作してたら、これが邪魔になるじゃないですか、だから、車輪とかに当たらないように、上げて、操作をアップみたいな	同一箇所が多機能化	
・ゴール前のときに、できるだけ取った後に、出ないように、ここを曲げて、外に出ないようにして、安全に持って行けるようにしました	結果の想定(メンタルランニング)	
・モータの位置を変え、バランス問題解決	現在の解決方法とは異なるアプローチの検討	
・メインになる側から、作っていかうかなって	優先順位の設定とそれに基づく実行	
・こういう、こととか、まず、全部くっつける前に、部分部分を作って、最後に、繋げていけばいいかなと思って	機能の分割による下位課題化	
・1点だけ狙っていかうかな、と思って、ワイヤーを取った	大胆な削減・削除	
・周りは、ワイヤー付いてるから、ばんばん3点いくけど、これは、横に幅があるから、1点だけでもいいかなと思って	異質・不安定さの受容	製作
・こことここ、横で出ないようにしたりとか、考えたというより、少しの工夫、自分で考え付いた	小さな効果の取り入れ	
・ここで伸びるようにつけたらいいやんて、	常識にとらわれない柔軟な発想	
・抜いて、こっちが重すぎて、こっちが浮いたってのもあって、長い短くして	複数課題の同時解決の試み	
・横見ながら、〇〇君とチームやっつたんで、僕も使っているかなって感じで、アイデアをもらった	他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(プラン)	
・円いのが倒れる状態で、すくおうと思ってんですけど、でも後から、ちよど合ってくるなあ、立ってるやつが、ちよどキャップだけ当たってみたいや	試行錯誤による発見	
・とりあえず、例の形にしてから、どんなのが強いかなって、調整していつて、ここを取り付けたりとか	アイデアの具体的試行	
・そこから、たとえば、ここ2つネジを付けて、頑丈にしたりとか、垂れにくいようにしたりとか、場所とかも考えたりして	細部へのこだわり	
・まだ、微妙にこっちが、浮いたんで、こっちにむっちゃ重り付けて	全体のバランスへの配慮	
・最初の方は、あんまり、なかったんですけど、放課後とか、僕、結構残ってたじゃないですか、	長時間の熟考	
・これは、適当に、付けたらいいかな	機能に影響しない審美的な要素の付加	トライアル
・下のすくう所で、取るのを優先したら、今度は上がらなくなって、上がるのを優先したら、今度はすくえなくなって、だから、うまくできなかった	トレードオフに基づく意思決定	
・当たらないようにして、止める位置を考えました	製作上の制約条件への対応・検討	
・ここは、〇〇君のを、一緒にしてもらって、	他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(製作)	
・問題は、ここが引っかかって、左側のタイヤが、あんまり回らなくなって、右だけ回って、回転気味になって、うまいこといかんかった	問題の探索・発見	
・あまり、ここを使わなかったとか、これが意外とやくにたった	解決状況の評価	
・ここはタイヤに当たったら、それで中原先生に、どうやったいいか聞いて、それでやって、	他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(トライアル)	

(2) 生徒の製作品を、「①モデル模倣型」、「②モデル改良型」、「③独自アイデア型」の3タイプに分類し、これらのタイプ別にカテゴリのコメント頻度を集計したところ、「②モデル改良型」では「プラン」が、「③独自アイデア型」では「プラン」と「トライアル」が多くなった。このことから、モデルを模倣す

るのではなく、生徒なりの改良や発想を伴う場合に、「プラン」や「トライアル」のプロセスが活性化される可能性が示唆された。

(3) 生徒の問題解決のプロセスの遷移を分類した結果、「頻繁Z型」・「Z型」・「微調整型」・「直線型」に分類された。また、製作品タイプ別にこれらの問題解決

表6 作成した工夫・創造カテゴリとプロトコル頻度

C:コンセプト	プロトコル	
	頻度	割合
C1 問題解決のストラテジー立案	7	24.1%
C2 同分野の先行事例(モデル)の模倣	6	20.7%
C3 製作の容易性の検討	4	13.8%
C4 課題の単純化	3	10.3%
C5 使いやすさの検討	3	10.3%
C6 他者とは異なるアプローチの選択	2	6.9%
C7 他分野の先行事例の応用	1	3.4%
C8 改良の余地, 自由度の設定	1	3.4%
C9 課題の制約条件への対応・検討	1	3.4%
C10 他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(コンセプト)	1	3.4%
計	29	

P:プラン	プロトコル	
	頻度	割合
P1 論理的な思考	19	38.8%
P2 製作順序の検討	8	16.3%
P3 問題点のオルタナティブなりカバリ	4	8.2%
P4 同一箇所の多機能化	3	6.1%
P5 結果の想定(メンタルランニング)	3	6.1%
P6 現在の解決方法とは異なるアプローチの検討	2	4.1%
P7 優先順位の設定とそれに基づく実行	2	4.1%
P8 機能の分割による下位課題化	1	2.0%
P9 大胆な削減・削除	1	2.0%
P10 異質・不安定さの受容	1	2.0%
P11 小さな効果の取り入れ	1	2.0%
P12 常識にとられない柔軟な発想	1	2.0%
P13 複数課題の同時解決の試み	1	2.0%
P14 他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(プラン)	2	4.1%
計	49	

M:製作	プロトコル	
	頻度	割合
M1 試行錯誤による発見	4	23.5%
M2 アイデアの具体的試行	3	17.6%
M3 細部へのこだわり	2	11.8%
M4 全体のバランスへの配慮	2	11.8%
M5 長時間の熟考	2	11.8%
M6 機能に影響しない審美的な要素の付加	1	5.9%
M7 トレードオフに基づく意思決定	1	5.9%
M8 製作上の制約条件への対応・検討	1	5.9%
M9 他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(製作)	1	5.9%
計	17	

T:トライアル	プロトコル	
	頻度	割合
T1 問題の探索・発見	18	66.7%
T2 解決状況の評価	5	18.5%
T3 他者のアイデアや問題解決状況の参照と取り入れの検討(トライアル)	4	14.8%
計	27	

プロセスの型の頻度を集計したところ、「頻繁Z型」は「③独自アイデア型」の多くが該当した。このことから、「③独自アイデア型」の生徒の問題解決プロセスは試行錯誤的であり、他の製作品タイプの生徒よりも工夫・創造の問題解決が高まっている可能性が示唆された。

これらの知見から、本研究で抽出した「工夫・創造カテゴリ」は、適切に生徒の工夫・創造のプロセスを把握しており、生徒の工夫・創造のプロセスを把握する枠組みとして利用可能であることが示された。また、「①モデル模倣型」や「②モデル改良型」に比べて「③独自アイデア型」を製作した生徒の問題解決は試行錯誤的であり、「プラン」や「トライアル」のプロセスが活性化されていたことが示唆された。このことから、ロボコン題材において生徒の工夫・創造を高めるためには、「プラン」や「トライアル」のプロセスを適切に活性化しうる学習指導ストラテジーが重要な役割を果たすのではないかと考えられる。また、抽出した「工夫・創造カテゴリ」を、ロボコン題材における工夫・創造を捉える学習評価の手法へと発展させていくことが重要である。

しかし、本研究では、生徒の工夫・創造時の思考内容を、12名を対象としたプロトコル分析によって質的に把握したため、得られた知見の妥当性については、被験者の少なさという課題が残されている。また、「工夫・創造カテゴリ」を学習評価の手法へと発展させるためには、工夫・創造時の思考内容をより構造的に捉えうる測定尺度を構成し、量的に学習状況を判断できるようにしなければならない。また、生徒の工夫・創造を高める学習指導ストラテジーを構築するためには、本研究で抽出され

た36カテゴリがロボコン題材に限定されるものなのか、他の題材に対しても適用しうるものであるのかを明らかにする必要がある。本研究で得られた知見に対する追試を含め、これらについてはいずれも今後の課題とする。

【文献】

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2017/06/21/1384661_5.pdf, p.117 (最終アクセス日2017年6月26日)
- 2) 日本放送協会：NHK 学生ロボコン <http://www.official-robocn.com/gakusei/> (最終アクセス日2017年6月26日)
- 3) 全日本中学校技術・家庭科研究会：創造アイデアロボットコンテスト全国中学生大会, <http://ajgika.ne.jp/~robo/> (最終アクセス日2017年6月26日)
- 4) 村松浩幸, 土田恭博, 稲垣忠：中学校ロボットコンテストにける 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, 第47巻, 第4号, pp.281-287 (2005)
- 5) 大橋和正, 妹尾一道：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, 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, 第144号, pp.7-12 (2010)
- 6) 森山潤, 井澤俊公, 宮川洋一, 山本利一, 松浦正史：技術科教育における題材としてのロボットコンテストに対する担当教員の意識, 日本教科教育学会誌, 第30巻, 第1号, pp.59-68 (2007)
- 7) 尾崎誠：「工夫し創造する能力」を育む「設計・計

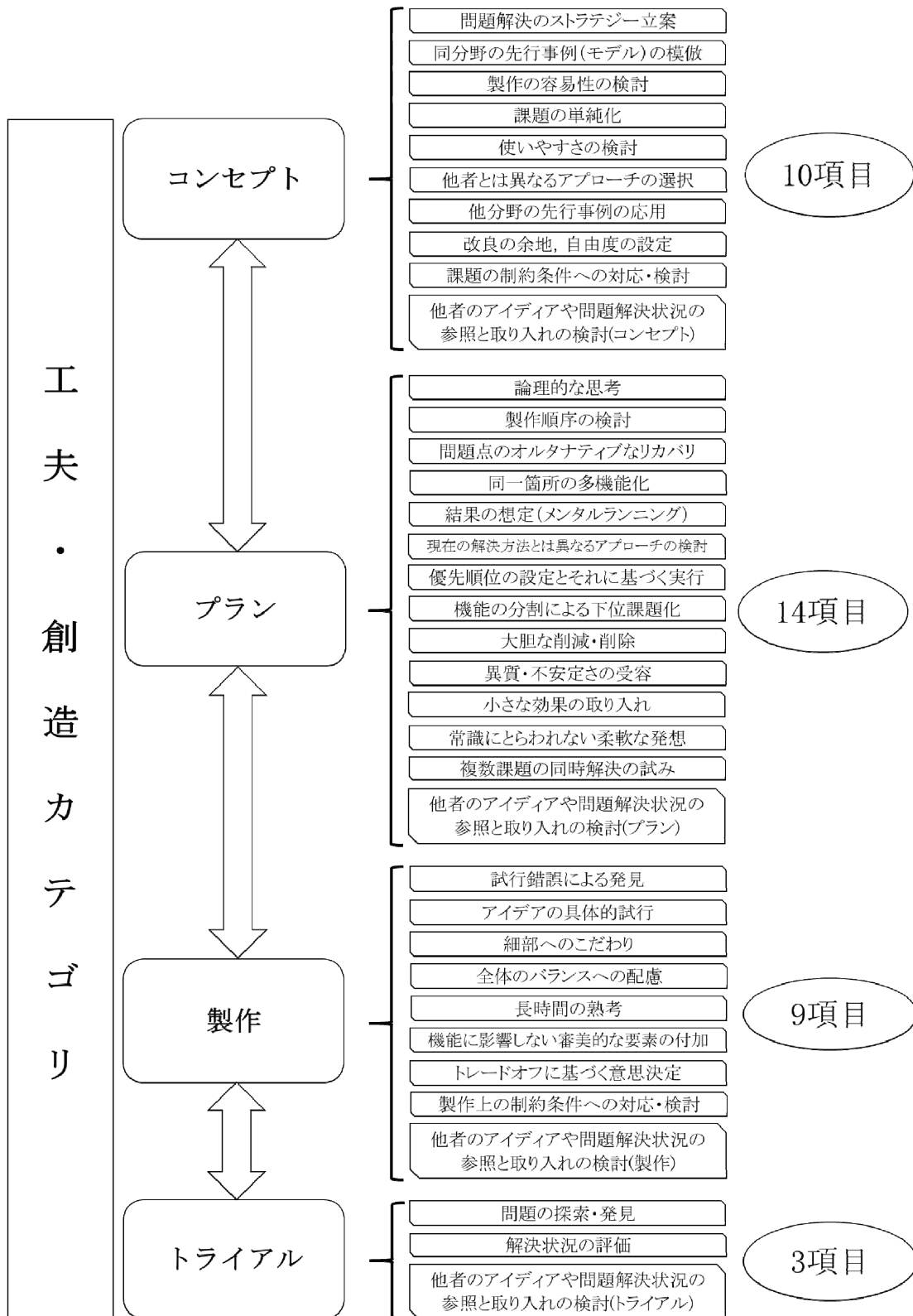


図5 工夫・創造カテゴリーの構成

画」の学習, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻, 第4号, pp.287-292 (2011)

- 8) 石井成郎, 三輪和久: 創造活動における心的操作と外的操作のインタラクション, 認知科学 [1341-7924], 第10巻, 4号, pp.469-485 (2003)
- 9) 戈木クレイグヒル滋子: 質的研究方法ゼミナール グラウンデッドセオリーアプローチを学ぶ, 医学書院, p.30 (2008)