

技術科必修授業向け『ロボコン題材』学習プログラム[†]

坂本 弘志*・古平真一郎*・山本 利一**・鈴木 道義***・針谷 安男***

宇都宮大学大学院教育学研究科*

埼玉大学教育学部**

宇都宮大学教育学部***

現在、中学校では、『ロボコン題材』の取り組みは、大部分が選択授業によるものであるが、平成24年から実施される新指導要領ではその選択授業が削除される。そこで、本稿は、その『ロボコン題材』を技術科の必修授業で実践するために、実際に授業実践した結果や考察をもとに、様々な学習指導方略を含んだ学習プログラムを提案する。

キーワード：シラバス、ルーブリック、ポートフォリオ、グループ学習、ロボットコンテスト

1 はじめに

ロボットコンテストへの出場をめざした中学校『技術・家庭科』（以下：技術科）の技術分野における学習題材は、一般に『ロボコン題材』と呼ばれ、近年その高い教育効果について、各方面から報告されている。大塚⁽¹⁾は、全日本技術・家庭科研究会主催、全国中学生創造ものづくり教育フェア「創造アイデアロボットコンテスト」の全国大会への参加とそれまでの生徒の指導を通し、『ロボコン題材』の学習効果として、工夫・創造力、コミュニケーション能力の向上などを報告している。

村松等⁽²⁾は、ロボコンの取り組みを通して模擬特許制度による知的財産権の体験的な学習を提案しており、山本等⁽³⁾は、ロボット題材の基本的な学習段階と指導計画を提案した。この他、ロボコン題材の取り組みは各地に浸透し、様々な形で実践されている。

そして、ロボット産業が将来日本の基幹産業になる可能性が高いことも含め、中学校技術科における『ロボコン題材』は、これから必修となる「エネルギー変換とその技術について」の学習の主となるべき題材である理由は非常に高い。また、工夫・創造力

や知的財産権の学習、コミュニケーション能力等の主な学習効果も、これから子ども達には必須と考えられる。

しかし、技術科でロボコン題材を扱うのは選択授業で場合が多く、必修授業での取り組みの報告は少ない。未だにロボコン題材の実践に二の足を踏んでいる技術科教員もいる。しかも、平成20年に示された新指導要領案⁽⁴⁾では、その選択授業が削除されることになり、このロボコン全国大会のみならず、技術科における『ロボコン題材』の取り組みについても今後検討が必要になる。

そこで、本稿は、『持続可能な成長につながる人間力の育成をめざす技術科学習プログラムの開発—P D C Aサイクルによるループ・スパイラル学習の提案—⁽⁵⁾』、および、『技術科教育におけるP D C Aサイクルを活用した学習プログラムの開発⁽⁶⁾』の研究の一部として『ロボコン題材』を必修授業で行った結果や考察をもとに、必修授業で同題材を取り組めるように具体的な学習指導方略を含んだ学習プログラムを提案する。

2 ロボコン題材授業実践のための準備

2.1 技術科3カ年の学習指導計画

ロボコン題材を2年生の必修で行うために、3カ年の学習指導計画案を表1に示す。また、新指導要領への移行を踏まえた学習指導計画案を表2に示す。

表1中のAは、現行の指導内容である「技術とものづくり」、Bは「情報とコンピュータ」を示す。表

[†] Hiroshi SAKAMOTO*, Shinichiro KODAIRA*, Toshikazu YAMAMOTO**, Michiyosi SUZUKI*** and Yasuo HARIGAYA***: About the Learning Program of "Robocon Subject" for required Classes of the Technology Education.

* Graduate School of Education, Utsunomiya University

** Faculty of Education, Saitama University

*** Faculty of Education, Utsunomiya University

2は、新学習指導要領の分類に合わせ、Aは「材料と加工に関する技術」、Bは「エネルギー変換に関する技術」、Cは「生物育成に関する技術」、Dは「情報に関する技術」とした。

表2は、表1との情報領域の学習の一部を、生物育成に関する技術に置き換えただけで、あまり大きな変更点はない。情報領域のパソコンの基本操作を他教科や小学校にて実施していくことで十分可能な計画であると考えられる。

表1 技術科3年間の学習指導計画案

学年	領域：題材名（時数配分）
1 学年	A：木材製品の設計製作（25） B：情報（10）
2 学年	B：情報（10） A：ロボコン題材（25）
3 学年	B：自律型ロボット（18）

表2 技術科3年間の学習指導計画案（移行期）

学年	内容：題材名（時数配分）
1 学年	A：木材製品の設計製作（25） C：野菜作り（10）
2 学年	D・C：情報 or 生物（10） B：ロボコン題材（25）
3 学年	D：自律型ロボット（18）

表3 学習指導計画案（学習プログラム）

時間	学習内容	学習指導方略
1～2 (1～2)	・エネルギーの変換について知ろう。 (ガイダンス) ・グループの決定、作業の分担。 ・作業工程表をつくらう	(教科だより) グループ学習 学習マネジメントカード (ポートフォリオ)
3 (3)	・ロボコンのルールを知ろう。 ・工具や材料、ロボットについて知ろう。	学習シラバス
4～10 (4～8)	・電気回路(リモコン)のしくみ ・半田付けの意味を知ろう。練習しよう。 シャーシ部の製作開始 ギヤボックスの組み立て シャーシの用意 リモコン部の用意	学習シラバス
6(5) 7～8 (7)	・伝達のしくみ(ギヤ) ・伝達のしくみ(機構) シャーシ部の完成	学習シラバス
10(8)	・簡易ロボコン	ロボコン
11～17 (9～12)	・知的財産権の学習(校内特許制度) ・仕事部の構想(ブレインストーミング) ・仕事部の製作、テスト 1号機完成	校内特許申請用紙 アイデアカード ロボット構想カード
18～24 (13～16)	構想や課題の修正⇒製作、テスト 練習、作戦の検討 ⇒ 2号機完成 (⇒ 3号機の製作)	ロボット構想カード
25 (17)	・校内大会：口頭発表・競技会 ・学習の振り返り	

2.2 ロボコン題材指導計画案

具体的な学習指導方略を含んだ、ロボコン題材25時間の学習指導計画案（学習プログラム）を表3に示す。（ ）内には、半期（17時間）で実践する場合を考慮した時数を示した。表中に示した学習指導方略については、次節で触れる。指導内容については、3章 授業実践の概略で述べる。

本学習プログラムの第一の特徴は、前半10時間で、エネルギー変換に基本的な学習を、ロボットのシャーシ部を製作しながら学習する点にある。ここで、知識や技能の基本を身につけさせ、後の発展につなげる。

第二の特徴は、各班の進捗状況の把握も兼ねて、シャーシ部のみで参加できる簡易ロボコンを実施する点にある。スラロームなどの競技が考えられるが、実際のコースを利用した対戦型のルールにするなど工夫の余地はある。まずは、このロボコンに参加できるよう製作を進めさせる。また、競技の結果から、改善点を十分に話し合わせ、気付かせ改善させるようにする。

2.3 学習指導方略

先行研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾において、現実社会における企業や事業所の取り組みを調査した結果、学習をPDCAサイクルに即して実践する場合、次に示す学習指導方略をセットで活用することが有効である⁽⁶⁾と述べている。また、それら学習指導方略の頭文字を取り『s g p r』とし、その『s g p r』とロボコン題材の適正が認められている。その内容を以下に述べる。

・ シラバス：s

学習目標や学習計画、評価の観点や規準、準備物など、学習のガイダンスを示す内容を記載する。これを「教科だより」等として本人および家庭に配付することで、興味や関心のみならず学習内容の理解を促し、学習の見通しを持たせることを目的とする。特に、材料の購入にあたり学習者負担となっているものもあるが、協同製作のため、作品は学校に寄付していただくことになる点は、しっかり説明し、理解を得る必要があると思われる。

また、授業や学習内容を示すためのシラバスに、具体的な評価規準(ループリック)や、生徒がノート代わりに使用するワークシートを併せたものを学習シラバスとして、適宜利用する。付図1に示

す学習シラバスは、始めに学習目標と具体的な評価規準であるルーブリックを示すことで学習課題を明確にし、その規準を達成するための学習展開を考え、そのために必要な資料やワークシートを用意した。これは、これまでとは違う逆向きの授業デザインである。

・ グループ学習：g

現実社会を鑑みて、技術科が産業社会への窓口であると考え、男女の区別なく、無作為の4人程度のグループでの協同学習が理想であると考えられる。佐藤⁽⁷⁾は、できるだけ少ない指示で、しかも少し難しい課題を与えることで協同学習による学習効果が、より高まると述べており、果てしなく課題を追求できるロボコン題材は、その適正がうかがえる。KJ法などのブレインストーミングを行うことで、工夫・創造力のみならずコミュニケーション能力の育成が可能である。

・ ポートフォリオ：p

同様に、社会に出ると記録を取り、活用する力が必要であることから、学習内容や自己評価を累積記録させ、且つ、時々その記録を活用させる場面を設定し、これらの資質・力を育成する必要がある。そこで、ポートフォリオとして、紙ファイルに学習シラバスなどを綴じこむだけでなく、学習計画表や学習の記録、自己評価、評価のためのルーブリックを1枚にまとめた学習マネジメントカードの活用が有効であると考えられる。その書式を図1に示す。学習全体を見通させるためにも用紙はA3縦が適当である。

学習目標説明		シラバス	学習目標記入欄	
具体的な評価規準		ルーブリック	ルーブリック説明	
P		D	C	A
日付	計画作成	学習記録	自己評価	計画修正
／	シラバス		ルーブリック	次時目標
／	ポートフォリオ			
感想・メモ・自由活用欄				

図1 学習マネジメントカードの書式例

・ ルーブリック：r

平易な言葉で表現した具体的な評価規準で、学習者と指導者があらかじめ共有するものを「ルーブリック」と呼ぶ。一般に、学習到達状況をABC等のランクごとに示し、学習者が自分の現状と比較する

ことで、常に自分の努力点が分かり、学習目標を見失わないため、学習意欲の継続につながる。また、日頃からルーブリックを活用し、自己評価や相互評価をさせることで、自己評価力や評価力の育成につながると考えられる。

しかし、これまでの学習指導要領は、具体的な評価規準の設定が難しい面もあり、今後、改善が望まれる。

ルーブリックには、本時のみのものや、数時間の学習のまとめりごとのものもあり、適宜使い分ける。また、関心・意欲・態度やレポートの評価など、汎用性のあるルーブリックの活用もある。

2.4 製作するロボットについて

製作するロボットのベースとなる構造材は、図2に示す下山⁽⁸⁾考案のスチレンボードをプラスチックダンボールではさんだサンドイッチ構造のシャーシを利用する。軽く強度があり加工しやすく、工夫・創造させやすい材料である。プラスチックダンボールは材料の方向性があり、1年時の木材の知識やけがき、穴あけといった学習経験が生かせる。

動輪としての戦車型のキャタピラの取り付けには、加工精度が必要であり、このロボットベースは適さない。また、T社製の汎用のギヤボックスは、出力軸がφ4に対して、Y社キャタピラ用の動車輪の軸穴はφ3であった。そのため、図3に示すように車輪の軸穴をφ4に深さ8mmほど広げ、出力軸の留めピンが納まる切り欠きを加工する必要がある。この加工については、教師による指導が必要であろう。

なお、T社ハイスピードギヤボックスの18：1を用いて、3Vの直流電源で、戦车型的キャタピラで、車体の重さ程度でも負荷をかけて走らせるのはとても難しく、ギヤ比を30：1以上（ハイパワーギヤボックス）にするか、キャタピラを短くする必要がある。これについては、生徒が工夫していく中で、発見があり、生徒間に広まっていったことから、生徒が自ら設定する課題とすることができる。

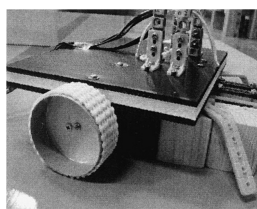


図2 ロボットベース

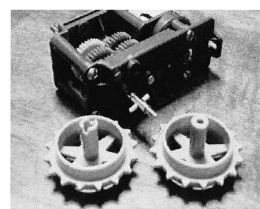


図3 動車輪の加工

2.5 校内特許制度について

校内特許制度⁽²⁾とは、ロボットのアイデアを、付図2に示す校内特許申請用紙に記入させ申請することで、校内特許を認定する擬似特許制度である。生徒が考えたり相談したりして申請したアイデアのうち、優れたアイデアは、指導者が特許に認定し、教室に掲示して共有する。そして、互いのアイデアを認めあい尊重するように指導する。

また、アイデアが浮かばない生徒は、それらを参考にすることができるように、特許の利用許可についても指導する。特許を利用することで、よいアイデアを更にレベルアップさせる場合も考えられる。

特許認定されたアイデアを利用許可の申請方法は、図4に示すように、特許利用許可シールを、掲示した特許申請用紙にはらせるように指導する。

優れた特許は、シールがたくさんはられ更なる学習意欲につながる。長野県ロボコンではこの特許をロボコンの勝敗の一部にとりいれる取り組み⁽²⁾が行われている。

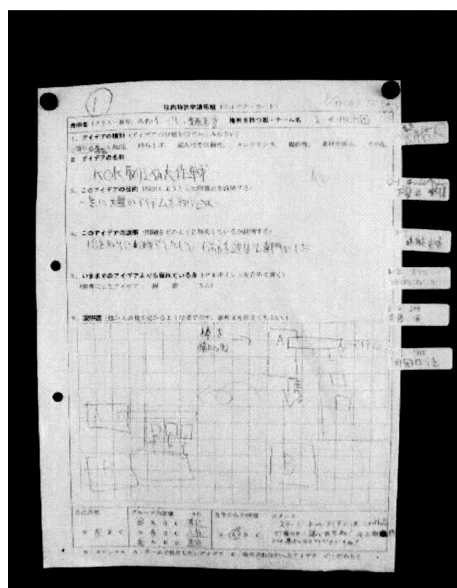


図4 特許申請用紙と特許利用許可シール

なお、作った瞬間から権利がある著作権と違い、アイデアなどの特許は申請しないと権利が得られないことや、他のアイデアを利用する場合は許可が必要なことなど、知的財産権の体験的な学習ができると考えられる。また、アイデアを書いてまとめることは、文書作成力や文書記録力の育成につながる。

2.6 材料の準備について

ロボコン題材を授業実践する際、費用に関する問題が、大きな障害になっていると考えられる。そこで、平成19年度f 中学校2学年4クラス116人による授業実践では、計32チームで、協同製作としてロボットを1台または2台製作し、学習終了後は次年度の参考として作品は学校に残す方法をとった。そして、その際に準備した材料等を、表4にまとめた。

表4 ロボット材料・購入物品一覧表

平成19年度 ロボット製作指導に必要な購入物品					
耐久品 (継続使用するもの)	品名	A2 班		A1 班	
		計		計	
		2	16	1	16
		0	0	1	16
		4	16	2	16
		1	16	1	16
		1	16	1	16
		1	16	1	16
		0.5	16	0.5	16
		3	1	0	0
共通	品名	2	1	0	0
		小計 約24万円			
消耗品 (生徒集金でまかなうもの)	品名	A2 班		A1 班	
		計		計	
		1	16	1	16
		1	16	1	16
		1	16	1	16
					4
					3
					3
					4
					4
					6
					1
					5
					32
					32
					2
					1
					6
					2
					1
共通	品名				5
					5
					10
					3
					12
					12
					1
		小計 約15万円			

表4は、4モータのロボット1台を作るA1部門が16チーム、3モータのロボット2台を作るA2部門も16チーム分の材料表である。今回、モータを含むギヤボックスとリモコン部、タイヤ等の耐久資材については、宇都宮大学教育学部の協力を得て購入し次年度も継続して使用するものとした。その他は、加工したり消耗したりする消耗品として、学年会計等の共同購入費からの支出として、学習者負担とした。

しかし、今後は、「エネルギー変換に関する技術」の学習が必修になることから、これらについては、学校備品に準じる扱いの予算計上や購入が望まれる。

3 授業実践の概略

3.1 授業実践

表3に示した学習指導計画案にそって、実際に授業実践を行う場合の留意点等について次に述べる。

・ 1～2時間目

➤ エネルギー変換についての導入として、まずエネルギーについて押さえる。そして、身近な電気製品が、電気エネルギーを他のエネルギーに変換していることに気付かせる。更に人類は、様々なエネルギーを色々なエネルギーに変換して生活を豊かにしていることに気付かせる。

➤ 学習内容・目標を示し、学習計画表を書かせることで、学習の全体像をつかませる。

➤ 社会の取り組みに倣って、無作為にグループをすることや、グループで協同して作り上げる大切さ、その際のコミュニケーション不足などの課題も例をあげて示すことなどで、コミュニケーション能力の育成も目的であることを理解させる。

・ 3時間目

➤ ロボコンのルールをできるだけ早い段階で示す。しかし、まだ発表になっていない場合や、コートの製作が間に合わない場合もあるので、その際は当面の目標であるロボットシャーシによる簡易ロボコン（スラローム大会 等）の説明を行う。

➤ なお、シャーシなどの用語を知らない生徒も多いため、製作に必要な用語や使用する工具についての指導をしておく。

・ 4～10時間目

➤ シャーシ部の製作を進めながら、それぞれの部分の仕組みや原理を学ぶ。授業展開としては、一斉授業による座学と班ごとの製作活動の2部構成

が基本と考えられるが、班活動で、課題を解明させていく課題解決学習としての実践も考えられる。

➤ 学習課題は、電気回路とリモコンの仕組み、色々なギヤによる動力の伝達とギヤ比について、運動を変換する機構について、仕事とは、摩擦と抵抗、半田と半田付けなどがある。特に、半田付けの技能は、この段階で身につけさせる。

➤ 簡易ロボコンの期日を設定し、それまでの作業スケジュールを計画させる。

➤ シャーシ部完成までは、用意した設計図とほぼ同様のものを作らせる。動いたら完成ではなくて、メンテナンスの基本についても触れながら、簡易ロボコンに向けて、ここから工夫・創造が始まることを体験させる。特に、簡易ロボコンの結果についてはよく考えさせ、次の課題に生かさせる。

・ 11～17時間目

➤ 仕事部の設計と製作のためのアイデアを出しあう授業では、KJ法を用いたブレインストーミングを行い、作りたいロボットの方向性を決め、設計につなげる。アイデアやイメージを、材料や部品を使って現実の形にするための経験や技能がない生徒が多いと考えられる。そこで、具体的な設計図の作成や製作については、生徒のアイデアが十分に生かされるよう、助言・指導を行う。

➤ これからの製作で生じた問題や課題は、しっかり記録させ、一つ一つ解決していくよう指導する。特に、課題を限定して設定し、修正案を考えること（PDCAサイクルでは、C⇒A⇒Pの繋がり）がとても重要であることを知らせる。

ここでは、学習マネジメントカードを利用させる。そこでの自己評価は、コミュニケーションを含んだ関心・意欲・態度に絞り、他の観点は学習シラバスに記録させる。競技だけでなく、ロボットの設計ポイントなど口頭発表も取れる。

➤ 競技の勝敗のみではなく、むしろアイデアやロボットの仕上がりについて表彰すべきである。

➤ 17時間目までに、正式ルールのロボコンが行えるように、製作を進める。そのためにも簡単な構造のロボットを徐々に高度化させていくように助言する。各班の進捗状況が確認できる掲示物を用意する。

➤ 図5に示すように、できるだけ早い段階で、ロボコンで使用されるアイテムの動きを考慮した作

戦を考えさせ、ロボットの形状や動きを工夫させるように指導する。アイテムの取り組みと放出を工夫し、関東甲信越地区大会でアイデア賞を受賞したロボットを例として、図6に示す。

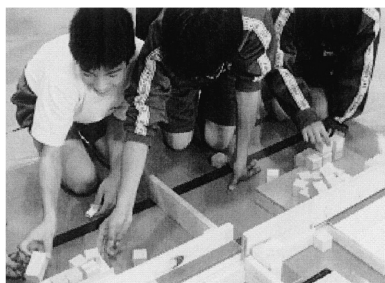


図5 アイテムの動きの検討

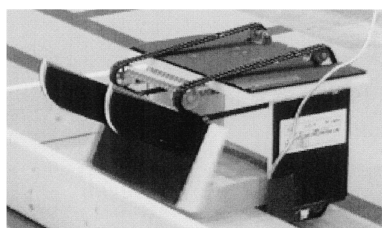


図6 工夫したロボット

・ 18～24時間目

➤ 小改造を施していくことをバージョンアップとして Vr1.2 等の小数第一位の部分で示す。また、これまでのアイデアの反省に基づき、場合によっては、初めから作り直したほうがよいことが多いことも伝え、それをモデルチェンジといい Vr2.0 の整数部分で示すことを説明する。

➤ Vr2 から Vr3 へは、さらに短時間で組み上げられるようになるが、練習の時間の確保など、残り時間を考えるよう助言する。

・ 25時間目

➤ 校内大会の実施と同時に、感想や後輩へのアドバイスを書かせるなど、学習を振り返らせる。

3.2 評価について

評価は、ルーブリック等を活用し、自己評価をさせながら形成的に評価していくことで、学習と評価が一体化すると考えられる。本実践では、学習シラバスへの各観点の自己評価や学習マネジメントカードへの関心・意欲・態度の自己評価を累積させつつ、適宜、教師からの評価を伝えていくべきである。しかし、技能については、協同製作のため、作品による個人の評価は難しい。そこで、ロボコン題材で身

につけさせたい技能のチェックリスト等を用意して、授業中に自己評価を中心に評価の累積をしていくことが有効であると考えられる。工夫・創造は、校内特許申請カードやカード作成のために書いたアイデアの記録などを利用する。

4. まとめ

本稿は、『技術科教育におけるPDCAサイクルを活用した学習プログラムの開発』の研究の一部として『ロボコン題材』を、平成19年度にf 中学校2 学年4 クラスで必修授業として行った結果をもとに、必修授業で同題材を取り組めるよう、具体的な学習指導方略を含んだ学習プログラムとして提案した。この提案は、平成19年度の1回のみの実践結果に基づいたものであり、修正の余地も大いに残されていると考えられる。今後、本学習プログラムを更に改良していく予定である。

参考文献

- 1) 大塚 他：アイデアロボットコンテストを題材とした指導法の研究，日本産業技術教育学会誌，48-3，pp.57-62（2006）
- 2) 村松 他：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，47-4，pp.9-15（2005）
- 3) 山本 他：中学校に技術科におけるロボットコンテスト指導法の改善に関する考察，埼玉大学教育学部研究紀要，55-2，pp.23-33，（2006）
- 4) 文部科学省：平成20年公示 新指導要領の方針，（2008）
- 5) 坂本 他：持続可能な成長につながる人間力の育成をめざす技術科学習プログラムの開発ーPDCA サイクルによるループ・スパイラル学習の提案ー，宇都宮大学教育学部付属教育実践総合センター紀要，30号，pp. 529-538，（2007）
- 6) 坂本：技術科教育におけるPDCA サイクルを活用した学習プログラムの開発，平成19年度宇都宮大学大学院教育学研究科修士論文，（2008）
- 7) 佐藤 他：『公立中学校の挑戦ー授業を変える学校が変わる』，ぎょうせい，（2003）
- 8) 下山 他：『ロボコン・スーパー中学校ー八戸三中の熱闘ー』，INAX 出版，（2002）

2年生技術科 ロボット製作 学習シラバス

学習課題

『回転運動を他の運動に変換する仕組みを知り、製作するロボットの作業部の構想をまとめる。』

評価の方法とルーブリック

	関心・意欲・態度	工夫・創造	生活の技能	知識・理解
方法	実習の様子	実験	作品のチェック	中期テスト
ルーブリック	A グループに働きかけて、話し合いや実験に取り組んだ。	考えたアイデアや工夫が、実験に生かした。	手際よく製作・実験ができる。	回転運動を他の運動に変換する仕組みが分かる(85%)
	B 協力して、取り組んだ。	アイデアを考えた。	助けや、助言を得て、製作・実験できる。	〃 (60%)
	C B未満	考えられなかった。	実験できない。	B未満
自己評価	A B C	A B C	A B C	A B C

学習の流れ

- 1、本時の学習課題の確認
- 2、実験『回転運動を様々な運動に変換してみよう』
- ③、結果のまとめ ⇒ 発表 ・ 学習カード
- 4、製作するロボットの作業部の構想をまとめる
 - ・ これまでのアイデアを検証させ、実現可能な方法を選ぶ。
 - ・ 話し合いにより、製作するロボットの仕組みを決定し、構想図を書く。
- ⑤、本時のまとめ（自己評価）と次時の確認

学習カード

Q1：回転運動から作り出せる動きは、どのようなものがあるか？

動き(図)				
名前	運動	運動	運動	運動
利用する機構名				

A：てこクランク機構（両てこ，両クランク，◎平行クランク） B：スライダクランク機構 C：カム機構

Q2：実験 ⇒ 実際に（すくう，はさむ，押す＝引く，_____）の動きを作ってみよう。

⇒ 作れたら図に表そう。（裏面に書いてもよい）

図

図



付図1 学習シラバスの例

出願日		月	日()	受理時刻		:	
発明者		組 番 氏 名			班・チーム名		班・
<p>1. アイデアの種別(アイデアの分類を○でかこみなさい)</p> <p>取り込み, 放出, 持ち上げ, 耐久性や信頼性, メンテナンス, 操作性, 素材や部品, 意匠(外観デザイン), 他</p> <p>2. アイデアの名称</p> <p>3. このアイデアの目的(解決しようとした問題点を説明する)</p> <p>4. このアイデアの説明(問題をどのように解決しているか説明する)</p> <p>5. いままでのアイデアよりも優れている点(PRポイントを含めて書く)</p> <p>(参考にしたアイデア: 組 班 さん)</p> <p>6. 説明図(他の人が見て分かるような図で示す. 説明文を加えてもよい.)</p> <div style="border: 1px dashed black; height: 200px; width: 100%;"></div>							
自己評価		グループ内評価		サイン		先生の評価	
おすすめ度		S A B C		_____		コメント	
S A B C		S A B C		_____			
		S A B C		_____			
				S A B C		校内特許 認定 ・ 再検討	
<p>※ S:特許級スペシャルアイデア A:チーム採用アイデア B:不採用アイデア C:とりあえず提出</p>							

– 228 –