

# 直観的ものづくり体験教材の開発とその実践

桑野 亮一\*・池田 雅弘\*・日野 実\*

(令和2年11月8日受付)

## Development and practical use of an intuitive hands-on teaching aid for craft projects

Ryoichi KUWANO, Masahiro IKEDA and Makoto HINO

(Received Nov. 8, 2020)

### Abstract

An intuitive craft project teaching aid was devised for use in hands-on programs for elementary school students at a university. This was done to impart an intuitive understanding of the fun, interest, and amazement of craft projects and physical phenomena, and to spark motivation and curiosity for subsequent self-directed learning. The teaching aid comprised a polarization plate and various materials with birefringence, and was crafted by each student into an original name tag which exhibits flickering color. Another unique feature of the aid is that it can be enjoyed by using things like smartphones and liquid crystal displays which employ polarization, and the fact that it appears at first glance to be transparent. This teaching aid was used in Project Based Learning (PBL) activities organized by university students, and found to initiate a virtuous cycle of self-directed activity leading to evident improvement in general resourcefulness as a person.

**Key Words:** experience-based teaching materials, independent learning, polarization, cellophane tape, birefringence

### 1. はじめに

大学の教育研究活動の中に大学生だけではなく小学生から高校生、さらに社会人などへの幅広い対象者への取り組みの機会がある。例えば、ものづくり体験型行事、学生の課外活動、公開授業、模擬講義等々である。そのような活動の中に学生自らが中心となって行動し、専門力と人間力の向上をはかる目標の活動もますます多くなっている。特に学生が主体となる活動では、対象者が小学生に設定される企画や行事が多く実施される傾向にある。例えば、本学8月末に開催される「WAKUWAKUものづくり大作戦」があり、2019年度までに15回実施されている。本イベントでは、体験を通して「小学生にもものづくりの楽しさや面

白さを伝えること」を目的としている。イベントへの応募総数は約800名の申込みがあるように、ものづくりやその体験への関心の高さがうかがえる。またイベントの実施では、講座の運営を学内のゼミに所属する学生や課外活動の学生などが主役として担当している。そのようなことから、小学生にもものづくり体験プログラムを楽しく、面白い体験として実感させるような活動は、大学生にとって主体性や問題解決能力などの修養を積むよい機会にもなっている。

大学の立場から小学生や高校生などへ科学、物理現象、工学、ものづくりなどの楽しさ、面白さ、不思議さなどを伝えたい活動では、その難しさに直面する機会が少くない。特に大学で開催する意義を踏まえるとそのような伝えたい学びや体験などは、科学的あるいは工学的なものを軸

\* 広島工業大学工学部機械システム工学科

に考えている場合が多いと思われる。ところが、小学生から高校生などでは、学習の途中であるため、楽しさや面白さを理解するための根本となる基礎知識や学習などが未習得の場合が多い。よって、大学発の企画や行事で小学生や高校生などに科学的な魅力を伝える場合、そのような点に課題が挙げられる。

科学や物理の要素を題材にした教材の開発やそれらを用いた取り組みは、非常に多くの報告があるのはご承知のとおりである。科学的な楽しさや面白さを深く伝えようとすると、理論的な背景やその内容の説明が多くなり、低学年であるほど好奇心や積極性を低減させてしまうことになりかねない。このような背景から、本取り組みでは、理論や理屈の説明は極力最小限にとどめ、まずは体験を通して楽しさ、面白さ、不思議さなどの直感的な理解を実感させることに注目した。そして、現象の理解の反応として「思わず声が出る」を目指して直観的な楽しさを体験できる教材の開発を試みた。

そこで本稿では、小学生を対象にもものづくりや物理的現象の楽しさや面白さを直感的に理解できるための偏光を応用する直観的のものづくり教材を考案した。またその教材を大学生のPBL (Project Based Learning, 以後PBLと記す) 型活動に応用し、総合的な人間力の向上への効果についての結果も報告する。

## 2. 直観的のものづくり教材の概要

ものづくり体験教材の内容を検討するにあたり、大学の機械システム工学科、物理現象、ものづくりとの関連性などが想像できることを意識した。機械システム工学科のカリキュラムでは機械の4力学を基盤とする機械工学が核となっている。小学生からそのような力学につながることをねらいとして、材料や応力などの要素を含むこと、手品のような不思議さ驚きの要素を備えていること、小学生から大学生になるまでに段階的な学習を要する内容などを検討した結果、偏光現象を取り上げる教材内容とした。

図1に本教材でのものづくりや物理現象の楽しさ、面白さ、不思議さなどの魅力の中心となる偏光の振る舞いについて示す。ここでは光が物質に入射することとその中を伝播することによって引き起る光の振動面の回転、波の合成、光の強度の変化などに注目する。図1に示すように一般的な光源は不特定な偏光状態である。偏光板1に入射した光は、偏光板1の透過軸に平行な振動成分のみが伝播し、直線偏光が得られる。図1中に複屈折性材料を配置しない場合、偏光板1を透過した光は偏光板2に到達すると、透過軸が直交していることから、偏光板2を透過することができない。よって偏光板2を介して観察すると暗黒に見える。ところが、図1のとおり透過軸を直交させた偏光板1と2

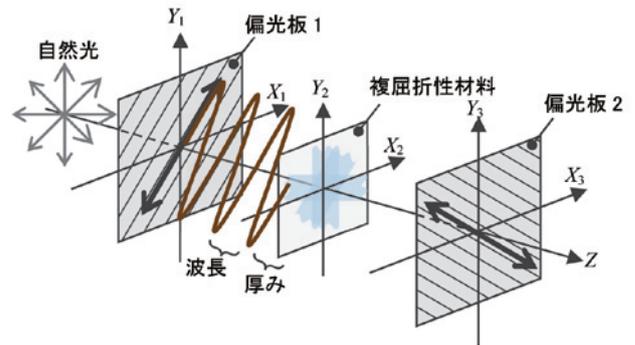


図1 本教材での偏光の振る舞い

の間に複屈折性材料を配置すると、光の透過が観察される。複屈折を有する材料が光が透過すると、 $X$ 軸方向と $Y$ 軸方向の屈折率の異なり、材料の厚み、波長などから求まるレターデーションが定義される。この発生に伴って、レターデーションに特有な色彩が発現される<sup>1)</sup>。したがって、本教材では、光の通り路である複屈折性材料の部分についての組合せや偏光板の透過軸などをさまざま変えて、偏光の振る舞いを直観的に理解する。

## 3. 本教材を用いたものづくり体験プログラムの実践

WAKUWAKU ものづくり大作戦の講座において、偏光を応用した教材を用いるものづくり体験プログラムを実践した。講座提供にあたり、テーマ名を偏光板であそぼう!!、所要時間を90分、対象を小学1年生から4年生までの低学年、人数を20名とした。講座には保護者の参加や同席も自由であり、講座中の作業を親子で共同することも可として行った。主催側は、学生8から9名と教員1名であり、司会や進行を学生が行った。また学生は、班分けした小学生の机に必ず1名以上は担当する配置とした。

本講座のものづくり体験プログラムでは、小学生がものづくりや物理現象である偏光の楽しさ、面白さ、不思議などをまず体験することを重視した。次に、そのときに不思議さ、難しさ、疑問などを抱いてくれることを期待している。そして、直感的な理解の強い印象が、ものづくり体験後に学びや行動の主體的な活動につながる駆動力になることをねらいとした。一方、大学生は、司会、進行、製作の段取りや工程の検討、説明と実演などを担当し、講座を運営する役割の立場を担当した。そのようなことから、大学生には社会人基礎力にあるような問題解決力を向上させる修養の場面ととらえている<sup>2)</sup>。以下では、偏光板と複屈折を有する各種材料で構成され、色彩の明滅が現れる製作者オリジナルな名札の製作について述べる。

受講者には、はじめに図2のようなオリジナル名札の製作例を提示し、本講座で製作する作品を提示した。その外観は一見透明であるが、偏光現象を確認しやすくするため

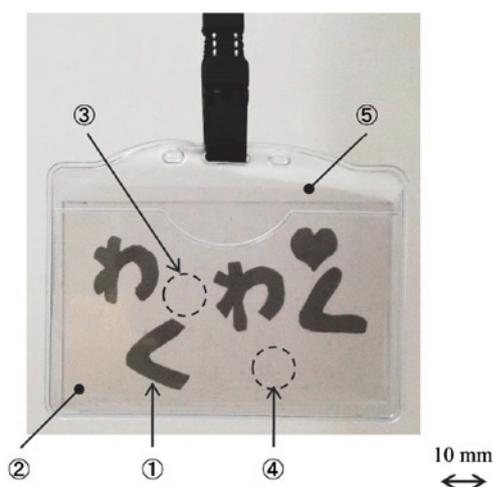


図2 偏光板を用いたオリジナル名札の製作例 (①: 偏光板、②: プラスチック板、③: セロハンテープ、④: カuttingシート、⑤: 名札ケース)

表1 使用材料および工具

記号	名称	個数
①	偏光板(□80 mm, t0.25 mm)	3
②	プラスチック板(CD ケース)	1
③	セロハンテープ	適宜
④	カuttingシート	適宜
⑤	名札ケース	1
⑥	はさみ	1
⑦	カッターナイフ	1
⑧	カuttingマット	1

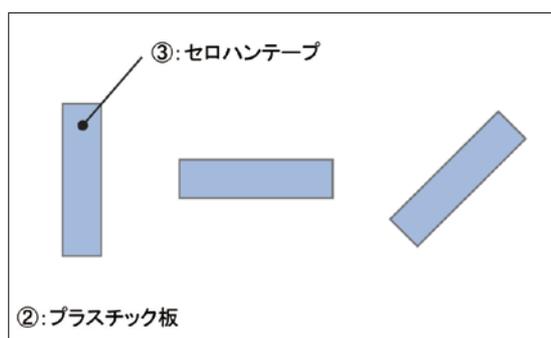


図3 セロハンテープによる偏光の確認

に②プラスチック板、③セロハンテープ、④カuttingシートなどの複屈折性をよく示す透明な日用品が②のプラスチック板に貼り付けられている。なお「わくわく」の黒い文字部は、偏光板から切り抜いた後に貼り付けたものである。表1に使用材料や道具などの一覧を示す。図3に示すように製作を開始するにあたり②プラスチック板上にセロハンテープやカuttingシートを自由に貼る時間を設

け、特にセロハンテープを縦方向、横方向、斜め方向などに自由に何重にも貼り付けながら、色彩の具合を確認してもらうようにした。セロハンテープの重ね方やその枚数については、三野らの研究でセロハンテープを28枚まで重ねて貼った場合の透過光強度スペクトルが測定されており、その結果を参考にした<sup>3)</sup>。以上で物理現象を直感的に理解するための準備ができたので、以後、偏光現象を確認する方法を提示した。

偏光現象や色彩の発現などについての直感的な理解をより印象付けるために、3段階で観察するように説明した。図4(a)に示すようにはじめに偏光板を用いずに製作物を目視する。次に製作物の上に偏光板を配置し、それを介して観察する。さらに偏光板を2枚用いて、それらの間に製作物を配置して確認する方法である。この場合、目視では偏光を確認できないが、偏光板を用いることで色彩の発現が認められ、偏光現象を直感的に知ることができる。2番目の確認の仕方は、図4(b)に示すようにスマートフォンや液晶ディスプレイなどの液晶表示器を用いる方法である。偏光現象の確認に加えて、偏光の身近な応用を示すことも意図している。液晶を使った表示器では、2枚の透明電極間に液晶をはさむ構造であり、偏光板は一般的に電極の外側に配置されている。そのようなことから、偏光を確認するとき液晶表示器を用いれば、偏光板は1枚ですまされる。また偏光や色彩の確認を片手できるようになるので操作性もよくなる。1番目の確認方法の場合、2枚の偏光板と製作物との配置関係、さらにはそれらの取り扱いについて、十分な説明を加えておかないと、期待した体験にならない参加者が少なくない結果となる場合がある。3番目の確認の仕方は、図4(b)の配置状態を維持しながら、図4(c)に示すように偏光板を回転させながら観察する方法である。ここでは、偏光板を回転させると、偏光や色彩が変化することから光が振動して伝播する横波であること、偏光、波長、強度、媒質(光の通り路)、複屈折などについて直観的に理解するよう説明した。

図5に確認手順2および3で製作物を観察した結果を示す。図5(a)の製作物の観察画像は、先に示した図2の製作物を液晶表示器の画面を白くした画面に乗せただけの状態を示している。偏光板から切り抜いた文字部や偏光面が回転した部分などに色彩が認められる。図5(b)では、液晶表示器の上に製作物を置きその上から偏光板を介して見える状態を示している。ここでの確認では、液晶表示器の上に製作物を置き、偏光板を回転させながらそれを介して見るようにする。これまで見えなかった文字や色彩が観察される。また液晶表示の光源が白色光であるが、さまざまな色彩が現れており、偏光面の回転、波長、使用材料の厚みなどに関連するレターデーションによる特有な色彩が

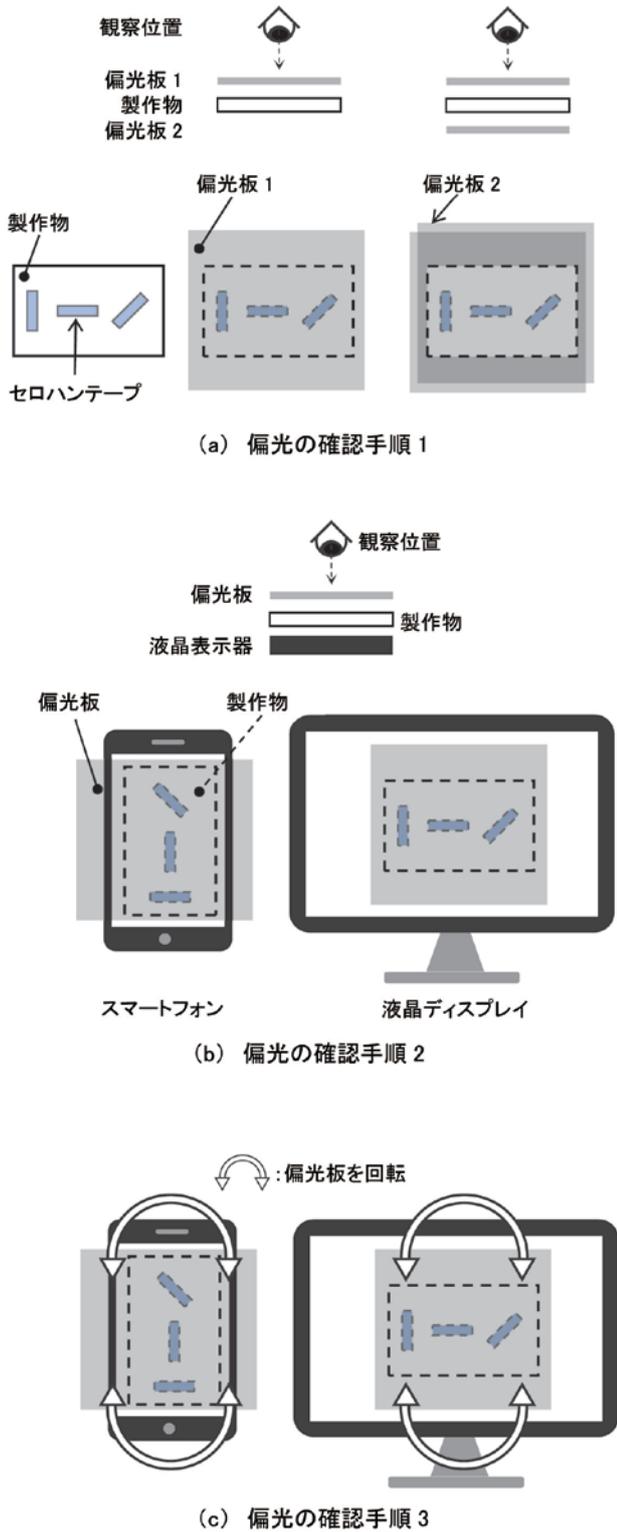


図 4 偏光の確認方法

得られている。また図 5 (c) にセロハンテープを多く使用した場合の製作例を示す。セロハンテープは複屈折を有する材料であり、その重ねた枚数、方向、他の材料との重なりなどによって、変化に富んだ発色が得られている。



(a) 偏光板を不使用の場合



(b) 偏光板を介して見た場合



(c) セロハンテープによる色彩の発現

10 mm

図 5 確認手順 2 および 3 での偏光と色彩の観察

#### 4. アンケート結果と理科実験PBL活動の実践

WAKUWAKU ものづくり大作戦の講座において、2017 年度と 2018 年度の 2 回、偏光を応用した本ものづくり体験教材を活用したものづくり体験プログラムを実践した。その講座終了時に児童および保護者に対しアンケートを行った。講座の対象が小学 1 年生から 4 年生ということで、回答を「はい」、「いいえ」などの 2 件法に、「ふつう」「わからない」といった中間項も入れて、1 つを選択する 3 件法とした。図 6 にアンケートの質問や回答の結果を示す。

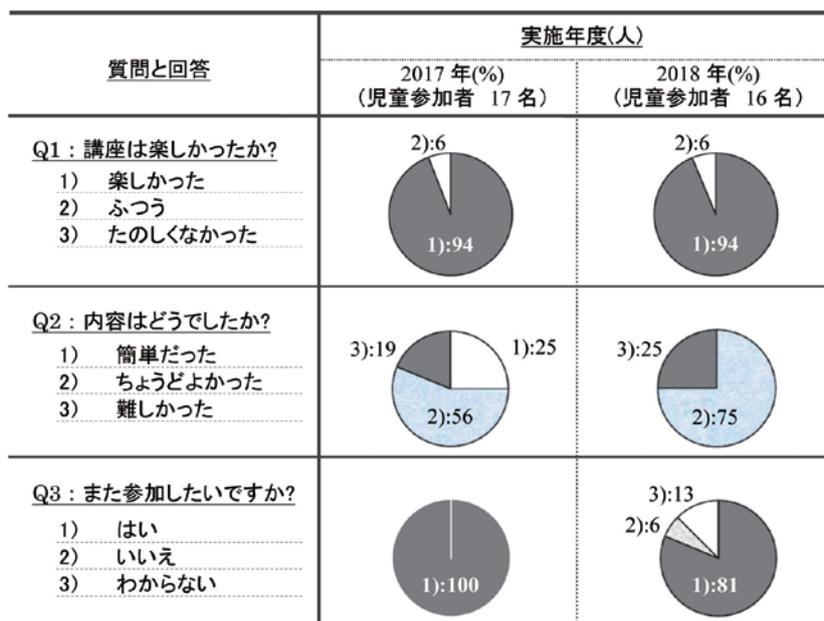


図6 アンケート結果

表2 大学生のアンケート結果

<b>Q1:「WAKUWAKU ものづくり大作戦に協力して得られたものはありましたか」</b>
<b>「あった」と回答した人のコメントの抜粋</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・小学生との接し方、説明の仕方を考えること。</li> <li>・小学生との接し方、司会をしたので分かりやすく伝える重要性を知りました。</li> <li>・子どもたちに教える難しさを学んだ。進行速度に差があって、まとめて進めるのも難しかった。</li> <li>・子どもの対応力の難しさを知った。</li> </ul>

小学生の参加者は、2017年度と2018年度でそれぞれ17名と16名であった。Q1「講座は楽しかったか」に対する回答は、2017年度は16名、2018年度は15名と両年度ともに全参加者の94%が楽しかったであった。まずは小学生がものづくりの体験講座を楽しく取り組んだことがわかった。Q2「内容はどうでしたか(難易度)」の質問では、回答2)の「ちょうどよかった」が2017年度は56%(9名)、2018年度は75%(12名)であり、回答3)の「難しかった」が2017年度は19%(3名)、2018年度は25%(4名)であった。2年目の実践の方が前年度の実績を踏まえて運営できていることも考えられるが、両年度ともに課題の設定は適切であったことが判断される。Q3「また参加したいですか」の質問では、回答1)の「はい」が2017年度は100%(17名)、2018年度は81%(13名)であった。いずれも80%以上の高い割合でまた参加したい意見が得られた。以上の3つ

の質問の回答から、直感的な楽しさの実感により、ものづくりと偏光という物理現象の楽しさについて直観的な体験が得られたと思われる。楽しかったので、異なるテーマやものづくりの体験をまた実感したいという学びの意欲が生じたと考えられる。3つの質問に対する自由な意見や感想で得られた文章中に出現頻度の高いキーワードとして、「楽しい」、「きれい」、「偏光板」、「不思議」、「おもしろい」などがあつた。偏光現象の理屈を通しての説明が少なかったが、直感的な理解の実感によって本体験プログラムへの強い好印象が得られたものと考えられる。

一方、本講座を主として担当した大学生7名にアンケートを3件法で行った。Q1「WAKUWAKU大作戦に協力して得られたものはありましたか」に対して、7名中6名が「あった」と回答した。表2に示すような理由が挙げられた。対象が小学生ということもあり、コミュニケーションを第一に注意したことがわかり、コメントから社会人基礎力の3つの能力の中の「前に踏み出す力」や「チームで働く力(チームワーク)」などについて、実践を通して得た学びがあつたことがわかる。

さらに、本教材を以下のPBL型の活動にも応用した。広島工業大学では、本学の女子による自由参加型の活動支援プログラムが行われている。その拠点として、女子学生キャリアデザインセンター(以後、JCDと称す)がある。そこでは通常の教育と平行して、女子学生主体によるさまざまなプロジェクト活動が行われている。その中の一つに出張理科実験教室プロジェクト活動があり、主に小学生を対象とした体験型の理科実験教室(以後、理科実験プロジェクトと記す)を行い、科学、自然現象、ものづくりな

表3 JCD 理科実験プロジェクトでの実践

2019 年度の実施日(時間)	参加者 人	
	小学生	大学生
8月20日(2h)	33	8
9月28日(7h)	46	7
2月13日(1.5h)	19	11

どの楽しさを伝えるとともに理科への興味や強い好奇心を持ってもらう活動を行っている。理科実験プロジェクトとして、偏光を応用する教材を活用した3つのイベントの開催実績がある。それらを取り上げミーティングと理科実験プロジェクトの報告書から、体験を通して得たことをまとめる。理科実験プロジェクトでは、イベントの依頼内容(時間、場所、参加人数、参加年齢など)に応じて、企画や運営を学生自らが検討する。表3に示すように2019年度は偏光を用いる教材を理科実験プロジェクトで独自に変更や改良を加えて3つのイベントとして提供した。それには昼休みのミーティングや放課後の課外活動で取り組み、イベント実施後の報告書から有意義な意見を表4に挙げた。教材を起点に自ら「前に踏み出す力」の主体性、実行力、「考え抜く力(シンキング)」の課題発見力、そして「チームで働く力(チームワーク)」の6要素について、理科実験プロジェクト活動を通じて、学びと主体的に活動する良循環の定着が認められた。

## 5. まとめ

小学生を対象としたものづくりや物理的な面白さ、楽しさなどについて、直感的に理解することを実感できる偏光の不思議を取り上げた教材を考案し、それを用いたものづくり体験型プログラムを実践した。理屈による理解よりも先に直観的な理解を実感することから、楽しい、また体験したいの主体的な取り組みへつながる実践結果を得られたものと考えられる。さらに考案した教材をPBL型の活動の教材に展開し、学生の社会人基礎力に含まれる要素能力の向上効果も感じられた。今後は、この教材開発の企画、

表4 理科実験プロジェクトの報告事項

◇良かった点:
・原理の説明とその直感的確認方法による理解度の向上
・小学生の予想外の行いを次回へつなげる提案
・作品の仕上がりを向上させる気づきの報告
・実施によって得られた充実感と楽しさの報告
◇悪かった点:
・時間配分
・道具の準備不足
・早くできた参加者への未対応
・出来上がり時間のばらつき
◇改善点:
・材料や素材の種類を追加
・容器を用意し作業性の改善
・十分な予行練習
・予備やもしものときの事前準備

運営、振り返り、評価、改善のプロセスを社会実践型の授業に展開することを検討する。特に上級生が下級生に教えることを通して、主体的な学びの活動につながることを期待している。具体的には大学1年次および2年次生用に内容を改良し、基礎教養科目と専門科目との接続性さらに卒業研究への総合的な課題解決につながるような導入的な内容に構成することを考えている。

## 参考文献

- 1) 井上祥史、伊藤 敏、菊地洋一、武井隆明、村上 祐: セロハンテープの光学特性と干渉色シミュレーション、科学と教育, 51, 3 (2003), pp.186-189.
- 2) 経済産業省、社会人基礎力、<https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>
- 3) 三野弘文、三好真央: 偏光板とセロハンテープを用いた干渉色の仕組みと応用、国際教養学研究, 2, (2018), pp. 69-79.