

偏光による着色現象を用いた新しい教材

New teaching materials which use coloration phenomena caused by polarization

原田建治, 酒井大輔, 亀丸俊一

Kenji Harada, Daisuke Sakai and Shun-ichi Kamemaru

北見工業大学 情報システム工学科

〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地

Faculty of Computer Science, Kitami Institute of Technology

165 Koencyo, Kitami, Hokkaido 090-8507, Japan

Abstract

A birefringent cellophane tape or polymer sheet exhibits coloration phenomena caused by the use of a polarizer. This experiment is easy to demonstrate, and easy to understand visually. We produced two types of materials for teaching about coloration phenomena, using poly-propylene sheets. These new teaching materials help us to understand the polarization effect. We also give an account of the demonstration of the teaching materials.

Keywords: polarizer, coloration phenomena, polymer sheet

1. はじめに

一般に光を用いた教材は、レーザー光源等の高価な機器を必要とすることが多く、光を専門的に扱う教育機関以外では実施が困難なのが現状である。また、レーザー光源を使用する際には危険が伴うため、実験には細心の注意が必要となる。

偏光による着色現象を用いた教材は白色光源、偏光板および複屈折性を有する高分子シートまたはセロファンテープのみで実験が可能であるため、安価かつ安全な光の実験教材であるといえる。それゆえに、現在までに数多くの教育機関で偏光実験が実施されてきた。多くの偏光実験においては、複屈折性材料としてセロファンテープを用いている。セロファンテープは粘着層を有しているため、ガラスやシートに簡単に貼り付けることができる利点がある。しかし、一方向に長い形状であるため、光学的異方性を学習する教材にはあまり適していない。

また、セロファンテープを文字や数字、図形等の形に切り貼りして使用することも難しい。これらの問題は、高分子シートを用いることで解決できる。高分子シートは、様々な大きさのものが市販されており、シートを自由にはさみで切って使用できるため、多様な実験が可能となる。これまでに、高分子シートを用いた様々な演習実験や学生実験が提案、報告されている¹⁾。

本研究では、図形や数字の形に切り抜いた高分子シートを利用した2種類の偏光教材を提案する。また、それらの教材を用いて出前授業および、おもしろ科学実験を実施したのでその概要を報告する。

2. 高分子シート

複屈折性を有する高分子シートを偏光板の間に挟むことで、着色現象が観察される。2枚の偏光板をクロスニコル配置またはオープンニコル配置にして、偏光板の軸とシートの主軸

の角度をおよそ 45° とすることで、着色現象を一番良く観察することができる。また、偏光板の軸とシートの主軸の角度を 0° とすることで、着色現象は観察されなくなる。実験には、市販されている $50\ \mu\text{m}$ から $90\ \mu\text{m}$ 程度の厚さの高分子シートを数種類使用する。市販されている高分子シートの中には、複屈折性を示さないものもあるため、購入の際は注意が必要である。本研究では、コレクト社のポリプロピレン製「透明ポケット」を使用した。コレクト社の「透明ポケット」は、ほぼすべての製品で着色現象を示し、着色時のシートの色色の均一性が良く、多様なサイズ、厚みのものが市販されている。本研究においては、着色時の色合いが異なるように、厚さの違う複数の製品を購入して使用した。

3. 実験

1) 偏光による数字の着色

高分子シートを数字の形に切り抜き、偏光板で挟むことにより着色する教材を作製した。通常の着色実験においては、高分子シート等の複屈折性材料は偏光板の軸と複屈折性材料の主軸の角度をおよそ 45° とすることで、偏光板を通して着色するように配置して使用する。本教材では、偏光板の軸と高分子シートの主軸の角度をおよそ 45° としたものと、 0° としたものの両方を使用する。偏光板の軸と高分子シートの主軸の角度を 0° としたシートは、着色現象を示さない。あえて着色現象を示さないようなシートも使用することにより、偏光や複屈折について生徒が興味を示す教材になると考えられる。

教材の作製手順を示す。まず、紙にゴシック体で大きめに 1~4 の数字を書いて印刷する。このとき図 1 に示すように、あるひとつの数字（ここでは 3）を 45° 傾けて印刷しておく。次に、印刷した紙を高分子シート（A4 版の透明ポケットを使用）に挟み、数字の型にはさみで切り抜き、偏光板に直接液体のりで重ねて貼り付ける。

45° 傾けた数字を切り抜いたシートは、傾きを戻して最上部に重ねて貼り付ける。作製した教材は図 2(a) のように、ほとんど何も観察されないが、よく見ると 1 から 4 の数字の透明シートが単に重なっているように観察される。ここで、偏光板を通して観察すると、図 2(b) のように、 45° 傾けて切り抜いた数字のみが着色する。

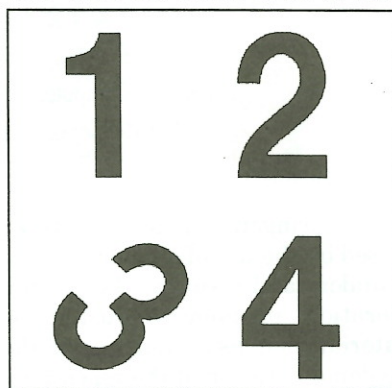


図 1 紙に印刷する数字

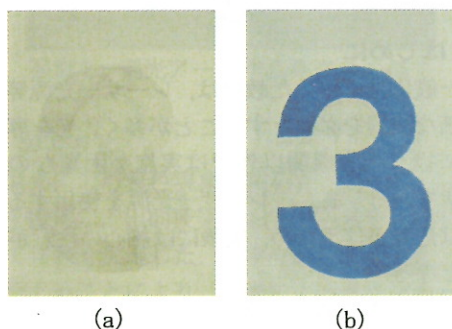


図 2 偏光による数字の着色①

(a) 偏光板なしで観察した時、(b) 偏光板を通して観察した時。

さらなる応用として、 $\pm 25^\circ$ 傾けて数字を切り抜くことで、2 つの数字を独立して着色することも可能である。観察用の偏光板を回転することにより、図 3(a), (b) に示すようにあらかじめ傾けて切り抜いた数字 3 と 4 が独立して着色して観察される。これは、偏光多重記録の原理を学習する上でも有効な教材であるといえる。

実際に高校での出前授業において、教材の演示実験をおこなった。観察用の偏光板はあらかじめ生徒に配布しておいた。授業の中で偏光に関する4択のクイズを出題し、偏光板を通してクイズの解答番号を確認できるようにした。偏光板を通して観察することで、着色現象のみでなく、クイズの解答番号も確認できることから、生徒の関心は非常に高かった。

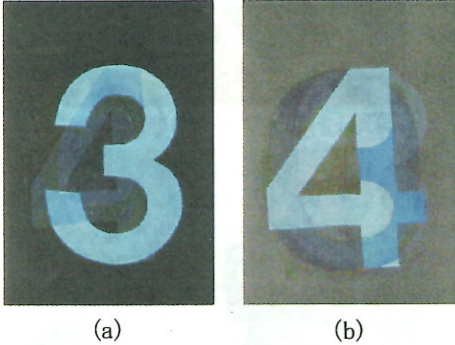


図3 偏光による数字の着色②

偏光板を回転させることにより、(a)数字の3、および(b)数字の4が着色する。

2) 簡単偏光アート

おもしろ科学実験等にて簡単に作製できる偏光アートを提案した。作製に必要なものは、紙製の枠、偏光板、数種類の高分子シート、のり、はさみ等である。事前に、高分子シートを市販されている型抜きを使用して各種の図形を作製する。図形を偏光板で挟むことで、着色現象を示すことを確認しておく。このとき、着色が単調にならないように、厚さの異なる複数の高分子シートを用いる。図4に型抜きしたシートの着色例を示す。複数の高分子シートを使用することにより、さまざまな色に着色されているのが確認できる。また、サークルカッターを利用して、虹のような着色効果を得られるシートを作製しておく、より効果的な偏光アートが作製できる。大きい円を内径9cm、外径11cmで、小さい円を内径8cm、外径10cmで切り抜く。ここで、大きい円と小さい円は異なる着色を示

すシートを使用している。大小2枚の円を重ね合わせて、偏光板で挟んで観察すると図5のようになる。このシートの場合、外側が赤く、内側が青く観察される。また、大小の円が重なった中央部分は緑色に観察される。偏光板を回転することにより、虹の色合いが美しく変化する。

実際の作製においては、まず紙製の枠(写真用のパネルや段ボールの枠)に高分子シートと偏光板をテープで貼り付ける。このとき、高分子シートの主軸と偏光板の軸はほぼ平行としておく。次に、型抜きした高分子シートを自由に液体のりで貼り付けていく。はさみを用いて、自由に高分子シートを切り抜いて貼ってもよい。図6に偏光アート作品の一例を示す。30分程度で、簡単に作製することができる。



図4 型抜きした図形の着色現象

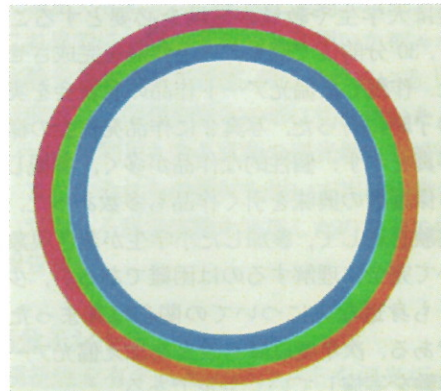


図5 虹のように見える着色現象



図6 簡単偏光アート作品の例

毎年8月に北見工業大学で実施されているおもしろ科学実験において、偏光アートを作製する実験を実施した。本学のおもしろ科学実験は、20近いテーマが実施され、毎年400名程度の小中学生が参加している。この実験には午前の部12名、午後の部12名の合計24名の小学生が参加した。教員2名、大学生6名の合計8名で実験を担当した。

参加した小学生は、光や偏光について簡単に学んだ後、偏光アートを作製した。写真1に偏光アート作製時の様子の写真を示す。液体のりを用いて透明シートを枠内に自由に貼るだけで簡単に作製できるため、小学校低学年の生徒も楽しそうに実験を行っていた。ほとんどの生徒は大学生や教員の補助を必要とすることなく、30分前後で偏光アート作品を完成させていた。作製した偏光アート作品の発表会を実験の終了時に行った。写真2に作品発表会の様子の写真を示す。個性的な作品が多く、参観している保護者の興味を引く作品も多数あった。この実験を通して、参加した小学生が着色現象について完全に理解するのは困難であるが、少なくとも身近な光についての関心は高まったようである。次年度以降も改良を加え偏光アートの実験を実施していく予定である。



写真1 偏光アート作製の様子



写真2 偏光アート作品発表会の様子

4. おわりに

偏光による着色現象を用いた2つの新しい教材を提案し、出前授業やおもしろ科学実験において実験を実施した。数字や図形が偏光により着色することにより、偏光による着色現象への理解をより深められることを確認した。これらの教材は安価かつ簡便であり、偏光や複屈折を学ぶ新しい教材として幅広く利用されることを期待する。

参考文献

- 1) 本田 亮, 佐藤 浩, 千葉 芳明: 応用物理教育 26(2006)No. 1, 21.

(受理 2006年9月25日)