

偏光色を用いた教材の簡単な作製方法

Simple fabrication technique of teaching materials
which use polarization color

原田建治, 酒井大輔, 原田康浩, 曾根宏靖, 桑村進, 亀丸俊一

Kenji Harada, Daisuke Sakai, Yasuhiro Harada, Hiroyasu Sone, Susumu Kuwamura 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

Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology

165 Koencyo, Kitami, Hokkaido 090-8507 Japan

Abstract

A cellophane tape or a polymer sheet with birefringence exhibits polarization color by polarizer. This experiment is easy to demonstrate, and easy to understand visually. This coloration teaching materials help us to understand the polarization effect and birefringence. We produce simple fabrication technique of teaching materials which use polarization color. Mass production technique of polarization color media is also discussed.

Keywords: polarizer, coloration phenomena, polarization color, polymer sheet, mass production

1. はじめに

偏光による着色現象(偏光色または干渉色)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り, 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。

これまでに, 透過率の波長依存性を高分子シートの配置とその屈折率の異方性から説明する実験教材¹⁾, 補色と白色光との関係を示す演示教材²⁾, 鏡像を用いて複数の着色を同時に観察できる教材³⁾, 図形や数字の形に切り抜いた高分子シートを利用した教材^{4,5)}など様々な教材の報告がなされている。

北見工業大学では, 小中学生向けのおもしろ科学実験や, 一般市民向けの研究室公開において偏光色の実験やデモを毎年実施し, 大きな教育効果が得られることを実感した。我々が実施

している偏光実験に際しては, 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, 各種の図形を作製しておく必要がある。大勢の生徒が参加するおもしろ科学実験等のイベントでは, 準備に相当の時間を要する。そこで, 市販のカッティングマシンを用いて高分子シートを図形の形に大量に切り取ることにより, 実験準備時間の短縮を検討したので報告する。また, 図形の形に切り抜かれた複数の高分子シートを重ね合わせる, 新しい偏光教材の作製方法を提案する。さらに, 偏光配布媒体の量産化手法についても検討したので報告する。

2. カッティングマシンを用いた偏光アート

我々は, 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, 毎年実施してきた。作製に必要なものは, 紙製の枠, 偏光板, 高分子シート, のり, はさみ等であり, 小学生でも簡単に実験ができる⁴⁾。実験の際には, 事前に,

高分子シートを市販されている型抜きを使用し、各種の図形を作製しておく必要がある。この際、着色が単調にならないように、厚みが異なる複数の高分子シートを用いて、さまざまな色に観察されるようにしておく。図1に型抜きした透明シートの着色例を示す。市販されている型抜きを用いて、一枚一枚手作業で型を抜いて図形を作製するため、事前の準備に相当の時間を必要とする。

そこで今回は、図形の作製にカッティングマシンの使用を検討した。作製には、安価で小型のグラフテック社製 Craft ROBO 330-20 を用いた。付属のソフトウェア『ROBO Master』を使用することで、簡単に A4 サイズのフィルムの高精度で切り取ることが可能である。図2に付属ソフトウェアの ROBO Master を用いて複数のチューリップを描画した例を示す。まず、1つのチューリップを描画し、その後コピーアンドペーストにより縦横に合計 63 個配列した。このとき、切り取られた高分子フィルムを偏光板で挟んだ際にきれいに着色されるように、チューリップを 45°傾けて描画している。

ポリプロピレンフィルム等の複屈折性フィルムをカッティングマシンにセットし、スタートするだけで後は自動でカッティングが完了する。なお、カッティングマシンに複屈折性フィルムをセットする際には、粘着性を有しているカッティング用台紙に貼り付けて使用する必要がある。カッティング用台紙はグラフテック社製台紙が市販されているが、台紙の準備できない場合は、手貼り用ラミネートフィルムで代用することも可能である。たとえば、100円ショップで A4 サイズの手貼り用ラミネートコーティングフィルムが市販されている。手貼り用ラミネートフィルムは、複屈折性を有していることが多く、カッティング台紙なしでそのまま使用することができる。なお、同じ製品でもロットにより遅相軸の方向が異なる場合があるので、事前に確認して使用する必要がある。図3にラミネートコーティングフィルムを用いて、

カッティングしている様子を示す。カッティング後は、簡単に図形を粘着層からはがすことができる。

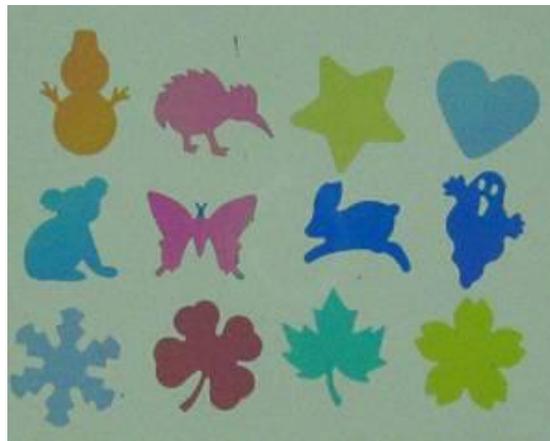


図1 透明シートの着色例

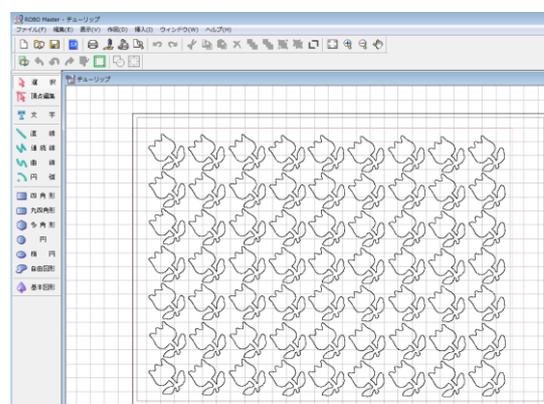


図2 ソフトウェアでの描画例



図3 カッティングの様子

3. 『切り抜き』による偏光アート作製

カッティングマシンを用いることにより、高精度な偏光アートの作製が可能となる。今回実験に用いたカッティングマシンの場合、およそ 0.1 mm の高精度でフィルムを切ることができる。通常は、図 4 の模式図のように切り取った月や星などの図形の高分子フィルムを、液体のりを用いて偏光板や別の透明フィルム上に貼り合わせて偏光アートを作製する。この場合、2 枚の偏光板に挟んで観察すると、図 5 に示すように月や星の図形が着色される。

本論文では、切り抜かれた側の高分子フィルムの使用を提案する。カッティングマシンを用いて、図 4 に示す図形を切り取った場合、図 6 の模式図のように、月や星の図形が切り抜かれた高分子フィルムも同時に作製される。図 6 を 2 枚の偏光板に挟んで観察すると、図 7 のように、図 5 とは逆に月や星以外の部分が着色される。ここで、遅相軸の直交するもう 1 枚のフィルムを重ねて観察すると、図 8 に示すように月や星の部分のみが着色される。これは、遅相軸の直交する 2 枚のフィルムを重ねることにより、位相遅れが補償され着色を示さないためである。月や星の形に切り抜かれた部分は位相遅れが補償されないため着色する。このように、高分子フィルムの『切り抜き』を利用しても、従来と同様の偏光アートの作製が可能となる。

使用する高分子フィルムの枚数をさらに増やすことにより多色表示も可能となる。4 枚の高分子フィルムを用いて 2 色表示した例を図 9 に示す。1 枚の高分子フィルムを月と星型に切り抜き、さらにもう 1 枚の高分子フィルムは星の形のみを切り抜いている。その後、それらと遅相軸の直交する高分子フィルムをその上に 2 枚重ね合わせることで構成した。月の部分は、ちょうどフィルム 1 枚分の位相遅れのため着色する。星の部分は、フィルム 2 枚分の位相遅れが生じ、別の色に着色される。また、それ以外の部分は、遅相軸が直交するフィルムが重なった状態となり着色が生じない。

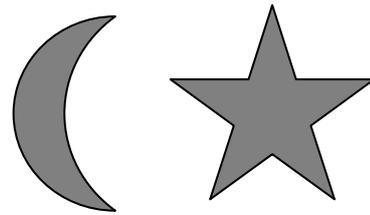


図 4 切り取った図形の模式図



図 5 従来法による図形の着色

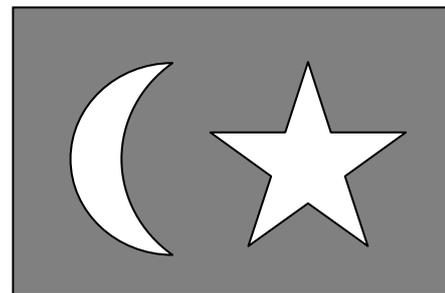


図 6 切り抜かれた図形の模式図



図 7 新規法による図形の着色 1



図 8 新規法による図形の着色 2

4. 配布用偏光アートの作製

高分子シートを切り抜き、複数枚を重ねあわせる方式は、液体のりを必要とせず、位置あわせ精度が高いメリットを有する。また、機械加工であるため、量産化が容易である。

ここでは、理科実験教室等で配布可能なカードサイズの偏光アートの試作をおこなった。図 10(a), (b)に試作した偏光アートの着色を示す。機械で切り抜かれた部分が、白に表示されている。図 10(a), (b)の高分子シートは遅相軸が直交しており、重ね合わせることで、図 11 のような正しい色の表示が可能となる。2枚の高分子シートは 10 円程度であり、2枚の偏光板を合わせても 100 円程度と比較的安価に配布用の偏光アートを作製することができた。

5. おわりに

市販のカッティングマシンを用いて高分子シートを図形の形に大量に切り取ることで、実験準備時間の短縮が可能となった。また、図形の形に切り抜かれた複数の高分子シートを重ね合わせる、新しい偏光教材の作製方法を提案した。さらに、カッティングマシンを用いることで、簡単に偏光アートが量産化できることを確認した。今後、おもしろ科学実験参加者への終了証などの配布用偏光アートとして活用していく予定である。

参考文献

- 1) 本田 亮, 佐藤 浩, 千葉 芳明: 応用物理教育 **26** (2002) No. 1, 21.
- 2) 千葉 芳明, 佐藤 浩, 本田 亮: 応用物理教育 **27** (2003) No. 1, 87.
- 3) 千葉 芳明, 本田 亮: 応用物理教育 **29** (2005) No. 2, 17.
- 4) 原田 建治, 酒井 大輔, 亀丸 俊一: 応用物理教育 **30** (2006) No. 2, 25.
- 5) 原田 建治, 酒井 大輔, 曾根宏靖, 原田康浩, 亀丸 俊一: 応用物理教育 **34** (2010) No. 1, 35.



図 9 新規法による多色表示



(a)



(b)

図 10 配布用偏光アート 1



図 11 配布用偏光アート 2

(受理 2012 年 1 月 23 日)