

偏光による干渉色を用いた新しい教材

New teaching materials which use interference color
caused by polarization

原田建治*, 酒井大輔**, 曾根宏靖*, 原田康浩*, 亀丸俊一*

Kenji Harada*, Daisuke Sakai**, Hiroyasu Sone*, Yasuhiro Harada*, 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

**産業技術総合研究所, 〒305-8565 茨城県つくば市東 1-1-1

*Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology

165 Koencyo, Kitami, Hokkaido 090-8507 Japan

**Photonics Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology (AIST), 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8565 Japan

Abstract

A cellophane tape or a polymer sheet with birefringence exhibits interference color by polarizer. This experiment is easy to demonstrate, and easy to understand visually. We produce new coloration teaching materials using squared poly-propylene sheet. This coloration teaching materials help us to understand the polarization effect and birefringence.

Keywords: polarizer, coloration phenomena, interference color, polymer sheet

1. はじめに

シャボン玉のように、光波の干渉によって生じる色を干渉色という。一方、偏光顕微鏡を用いて、液晶や鉱物の薄片を観察するとき生じる着色も干渉色といわれる。後者については、光の干渉を伴うものではなく“偏光による干渉色”といえる。この偏光による干渉色はセロテープ等の複屈折性材料を偏光板に挟むだけで簡単に観察できるため、安価な教材や演示実験として多くの教育機関で実施されている。特に、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示実験や学生実験が提案、報告されている^{1,2)}。

我々の研究グループでは、図形や数字の形に

切り抜いた高分子シートを利用した教育教材を提案し、出前授業やおもしろ科学実験において実験を実施してきた³⁾。過去に提案した教材においては、あらかじめ数字や図形に切り抜いた高分子シートを利用したが、本研究では同じ大きさの正方形の高分子シートやセロファンテープを多数貼りあわせて作製する新しい偏光教材を提案する。また、その教材を用いた演示を実施したので報告する。

2. 使用する高分子シート

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、偏光板の偏光方向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、偏光板の偏光方向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。本研究では、高分子シートを小さく切り取って貼りあわせるため、取り扱いが容易で、着色時のシートの色の一貫性が良いことが要求される。そこで本研究では、コレクト社のポリプロピレン製「透明ポケット S 型」(厚さ 90 μ m)を使用した。

3. 偏光による数字の着色

1) 偏光による数字の着色 1

数字を着色したい場合、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作製できることを過去の論文で報告した³⁾。

今回は、正方形のセルを用いて数字を表示することを検討した。教材の作製手順を示す。まず、1辺の長さが 1.5cm の正方形の高分子フィルムを多数用意する。このとき、高分子シートの主軸は水平方向のものと、45° 傾けたものの 2 種類を用意しておく。偏光板なしで観察した場合は、図 1 (a) のように着色現象は観察されないが、偏光板を通して観察することで、図 1 (b) に示すように、高分子シートの主軸と偏光板の軸を 45° 傾けて配置したシートのみ、着色現象を示すことがわかる。

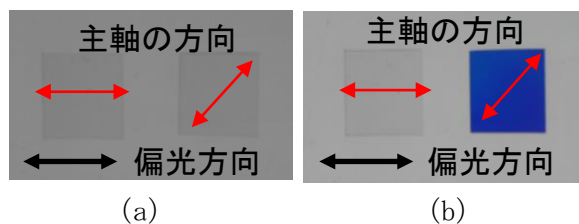


図 1 偏光による正方形のシートの着色 1

(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(パラニコル配置)。

次に、1辺が 10.5cm の正方形の偏光板を用いて数字を作製する。偏光板にはあらかじめマスを印刷したシートを貼っておくと作製が容易になる。今回の実験では、コクヨ社製のラベルシート(LBP-G2210)を用いた。本製品はレーザープリンタ用の透明なラベルシートであり、シールで偏光板に直接貼り付けることがで

きる。ラベルシートは複屈折性を有しているため、ラベルシートを貼り付けた面の反対側に正方形の高分子シートを貼る。図 2 に高分子シートを貼った偏光板と高分子シートの主軸の方向を示す。偏光板の偏光方向は水平方向となっており、7×7 の正方形のセルすべてに 1 枚ずつ高分子シートが貼られている。着色させたいセルの場所には、高分子シートの主軸が 45° 傾いたシートを貼り付けている。このように偏光板なしで観察した場合は、どの数字が着色されるかを観察することはできない。偏光板を通して観察することで、図 3 のように“56”の数字が着色する。

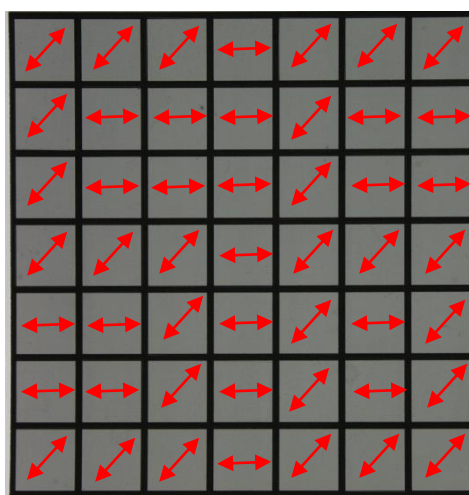


図 2 高分子シートを貼った偏光板 1

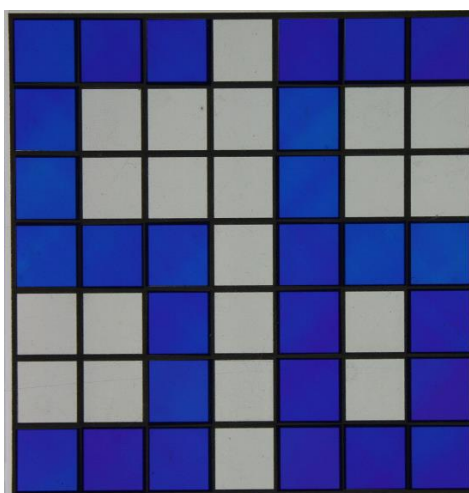


図 3 偏光による数字の着色 (パラニコル配置)

2) 偏光による数字の着色 2

次に、高分子シートの主軸を $+45^\circ$ 傾けたものと -45° 傾けたものの2種類を用いて数字を作製した。この場合は、図4(a)(b)に示すように、2種類の高分子シートを偏光板で挟んで正面から観察すると、同じ青色の着色現象を示すことがわかる。図5に高分子シートを貼った偏光板と高分子シートの主軸を示す。さきほどと同様に 7×7 の正方形のすべてのセルに1枚ずつ高分子シートが貼られている。偏光板なしで観察した場合は、どの数字が着色されるのが推測することはできない。また、偏光板を通した場合は着色されるが、すべてのセルが青色となり数字を観察することはできない(図6)。数字を観察するには、もう1枚の高分子シートを重ねる方法および、斜め方向から観察する方法の2通りの方法が考えられる。図7(a)にもう1枚の高分子シートを全体に重ねた上で偏光板を

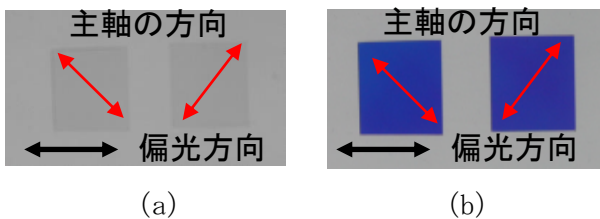


図4 偏光による正方形のシートの着色 2

(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(パラニコル配置)。

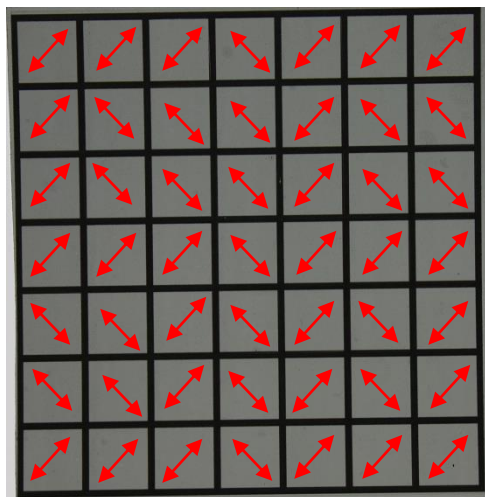


図5 高分子シートを貼った偏光板 2

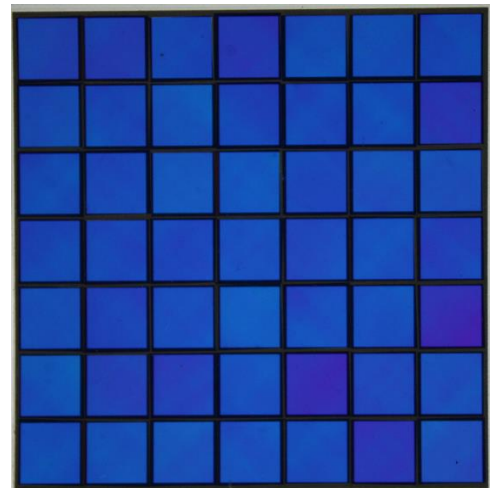


図6 偏光による着色(パラニコル配置)

通して観察した着色現象を示す。重ねる高分子シートは正方形の高分子シートと同一のものを使用した。正方形の高分子シートの主軸の方向を赤矢印で示し、重ね合わせた高分子シートの主軸の方向を青矢印で示す。2枚の高分子シートの軸が直交している場合は、着色現象を示さない。また、2枚の高分子シートの軸を平行にした場合は、新たな色(この場合はピンク色)が着色されることが分かる。

図5の上に1枚の高分子シートを全体に重ねてから偏光板を通して観察した着色現象を図8に示す。“56”の数字が観察できることが分かる。次に斜め方向から観察する方法について説明する。図4(b)のように、正面から観察すると同じ色に見える着色現象も、斜め方向から観察すると図7(b)のように色が変わって見える。図6を斜め右側から観察した着色現象を図9に示す。こちらも“56”の数字が観察できることが分かる。

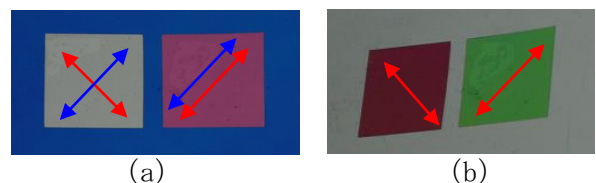


図7 偏光による正方形のシートの着色 3
(a)高分子シートと偏光板を通して観察。(b)斜めから偏光板を通して観察。

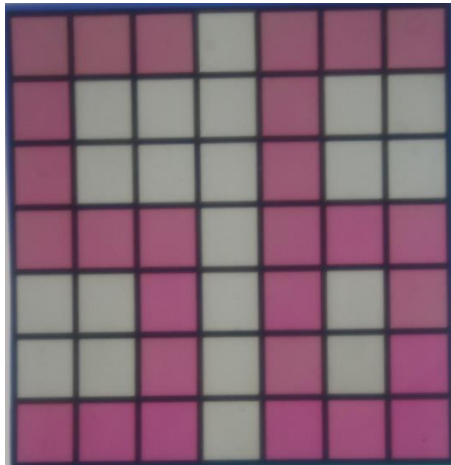


図8 高分子シートを挟んで観察した偏光による数字の着色

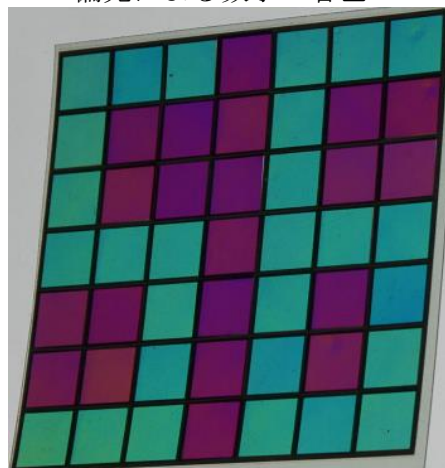


図9 斜め方向から観察した偏光による数字の着色

このように、正面からでは観察できないが、高分子シートを挟んだり、斜め方向から覗き込んだりすることで観察できる新しい偏光教材となりうる。

4. グレースケールおよびカラー表示

正方形の高分子シートを多数貼りあわせて数字の作製をおこなったが、数字以外にも複雑な図形等の表現が可能である。そのためには、グレースケール表示やカラー表示ができることが望ましい。ここでは、偏光の着色現象を用いたグレースケール表示およびカラー表示の方法について説明する。

1) グレースケール表示

1/2λ板や 1/4λ板等の位相差フィルムを使用することでグレースケール表示することができるが、市販されている位相差フィルムは非常に高価であるため教材として適しているとは言い難い。そこで本教材においては、安価なセロファンテープの使用を検討した。今回は、ニチバン社製のセロファンテープを用いた。図10にセロファンテープを偏光板に挟んで観察した写真を示す。偏光板の偏光方向は、水平方向のものと垂直方向のものを重ねたクロスニコル配置となっている。ニチバン社製のセロファンテープはテープの取り出す方向と主軸が方向が平行になっている。図10の赤矢印はセロファンテープの主軸方向を示している。セロファンテープの主軸と偏光板の偏光方向を平行にすると黒を表示できる。テープの主軸を傾けることで徐々に明るくなり、45°傾けると白を表示できる。

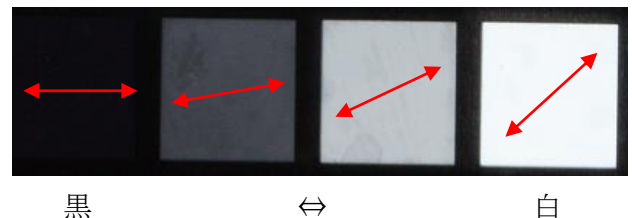


図10 グレースケールの表現
(クロスニコル配置)

2) カラー表示

従来から報告されているように、高分子シートやセロファンテープを多数重ねあわせることで、さまざまな色の表現が可能となる。正方形のセルを用いたカラー表示の一例を図11に示す。緑、青、黄色等さまざまな色に着色されていることが確認できる。また、各色の明るさは高分子シートやセロファンテープの主軸の方向を変化させることで制御可能である。図12に緑色の明るさを変化させた着色現象の写真を示す。赤い矢印は高分子シートの主軸の方向を示し、主軸を傾けることで明るさが変化することが確認できる。

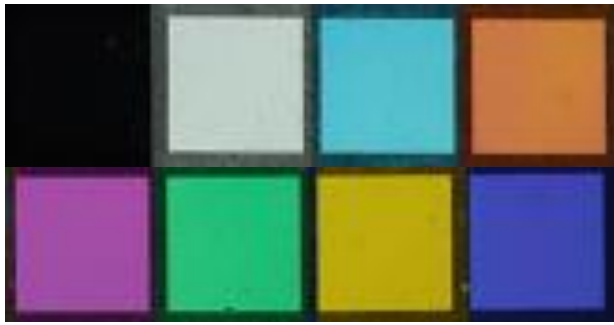
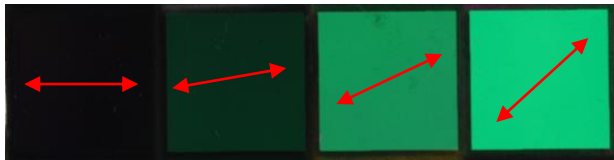


図 11 着色現象によるカラー表示



暗い ⇔ 明るい

図 12 明暗の表現(緑色)
(クロスニコル配置)

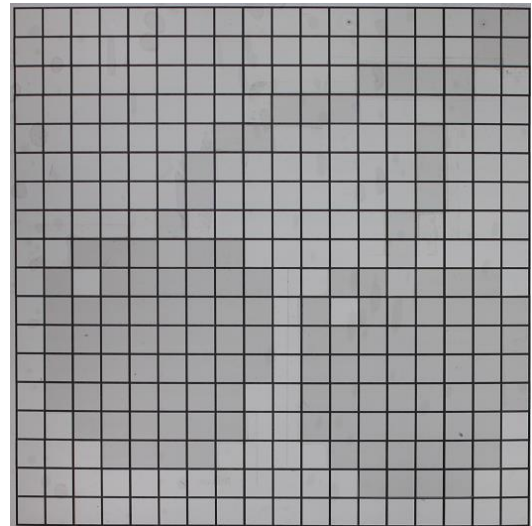


図 13 偏光アートの例
(偏光板なしで観察)

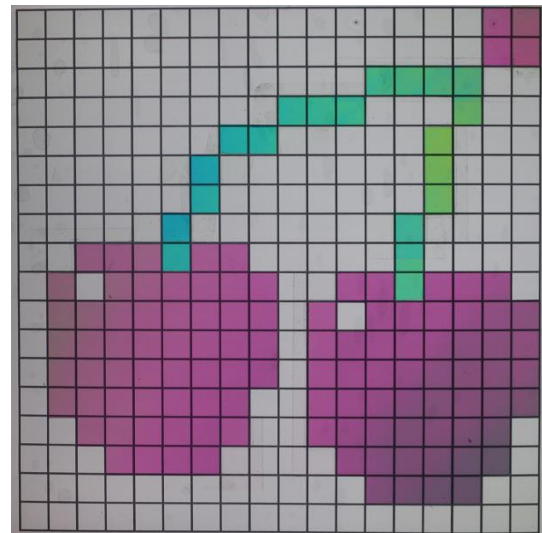


図 14 偏光アートの例
(偏光板を通して観察)

5. 偏光アートの作製と演示

正方形の高分子シートを複数用いることで偏光アートを作製した。セルの数が多いほど複雑な偏光アートの作製が可能となる。20×20の正方形のセルを用いて作製した偏光アートの一例を示す。偏光板を通さない場合は、図 13 のように、ほとんど何も観察できないが、偏光板を通して観察することで、図 14 のような偏光アートを観察できる。このように正方形のセルを多数用いた偏光アートは、従来の偏光アートとは一味違う魅力があり、演示実験等で大きな効果があると考えられる。

2009年6月20日(土)、21日(日)に実施された北見工業大学大学祭の研究室公開イベントにおいて、偏光アートの演示をおこなった。我々の研究室においては、光をテーマとした様々な演示や最新研究成果発表を行い、両日で約300人の学生や一般市民が参加した。写真1に偏光アートの演示の様子を示す。実際に偏光アートを手に取り、興味深く観察をしていたのが印象的であった。



写真1 大学祭での演示の様子

6. おわりに

本論文においては、同じ大きさの正方形の高分子シートを多数貼りあわせて作製する新しい偏光教材を提案した。また、干渉色を用いたカラー表示方法や偏光アートの作製についても報告した。今回提案した教材は安価かつ簡便あり、偏光や複屈折を学ぶ演示教材として幅広く利用されることが期待される。今後、出前授業やおもしろ科学実験においても演示実験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 千葉 芳明, 佐藤 浩, 本田 亮: 応用物理教育 **27**(2003)No. 1, 87.
- 2) 千葉 芳明, 本田 亮: 応用物理教育 **29**(2005)No. 2, 17.
- 3) 原田 建治, 酒井 大輔, 亀丸 俊一: 応用物理教育 **30**(2006)No. 2, 25.