

赤緑色覚異常を体験的に学習するための福祉教材の開発

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学教育学部 公開日: 2012-03-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 健太, 渡邊, 肇也, 須藤, 達也, 江口, 啓 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00006492

赤緑色覚異常を体験的に学習するための福祉教材の開発

DEVELOPMENT OF WELFARE TEACHING MATERIALS TO LEARN DALTONISM
EMPIRICALLY

小 林 健 太* 渡 邊 肇 也* 須 藤 達 也** 江 口 啓***

Kenta KOBAYASHI, Toshiya WATANABE, Tatsuya SUDO, Kei EGUCHI

（平成23年10月6日受理）

Abstract

At school, the class which promotes an understanding for the difficulty of handicapped people is conducted widely. However, the class to understand color vision defects is hardly performed. By using low-cost materials, a welfare teaching material which can experience a pseudo-color vision deficiency is developed in this paper. The validity of the proposed teaching material is confirmed by conducting experiments not only by students with normal color vision but also by students with color vision defects. The proposed teaching material will help us to understand color vision defects correctly.

1. 緒言

教育現場におけるICT環境の整備に伴い、多くの教師が言葉による説明だけでなく、映像などの視覚を通した様々な手段によって子ども達に物事を伝えている。しかしながら、視覚に訴える授業は子どもの理解を促進させる点において効果を上げる一方で、一部の赤緑色覚異常^{1, 2)}と呼ばれる色覚特性を持つ子ども達にとっては、必ずしもその限りではない。このため、ある特定の色の組み合わせにおいて、文字や画像の判別が難しくなる色覚異常の子ども達は、学校生活を送る上で大きなハンディキャップを背負っていると言える。医学的な統計によると、日本においては男子の20人に1人、女子の500人に1人が、赤緑色覚異常である^{2, 3)}と言われている。これは、男子20人・女子20人の40人学級を想定した場合においては、1学級に1人以上の割合で在籍するという計算になる。

このような状況の中で、色覚異常者に配慮したバリアフリー化が進んでいるとは言い難く、色覚異常を正しく理解させるための教育実践も殆ど行われていないのが現状である。一部の教育現場では、色覚異常に対応したチョークを用いることによる支援が行われている⁴⁾が、それ以外の教育支援は殆ど行われていない。それに対して、2007年4月に施行された「教育基本法等の一部を改正する法律」等を受け、教育現場では車いす用のスロープや階段に手すりを設けるなど、手足の不自由な身体障害者に対するバリアフリー化は進んでおり、障害体験や高齢

*静岡大学大学院教育学研究科

**市原市立市原小学校

***静岡大学教育学部

者体験の学習として、手足の不自由な身体障害者に対する理解を深めるための教育実践⁵⁾は広く行われている。その理由の一つには、身体障害に関する体験学習は、車椅子に乗ることや体に重りを付けることで容易に擬似体験を実現できる⁵⁾が、色覚異常体験は視覚情報を変化させる必要があるので実現が難しいことが挙げられる。色覚異常を擬似体験するための試みとしては、色弱模擬フィルタ⁶⁾が市販されてはいるが、非常に高価であるため、十分な教材費を確保できない教育機関においては導入が難しいという問題がある。このため、身体障害とは異なり、色覚異常は外見から直ちに判別できないという特徴があるため、図1に示すように、色覚異常者と一般色覚者との間に理解の齟齬が依然として存在する。以上の問題を鑑み、児童・子ども達でも簡単に赤緑色覚異常を体験できる新しい教育手法を考案し、色覚異常への正しい理解を促進させることが必要不可欠である。

本研究においては、色覚異常の子ども達が判別しやすい色の組み合わせを科学的に明らかにすることで、身の回りにある簡単な材料で擬似的な色覚異常を体験できる教材を開発する。具体的には、赤緑色覚異常が“赤色と緑色が判別しにくいという反面、青色を非常に精密に判別できる”という特徴に着目し、赤緑色覚異常者のみ、もしくは、一般色覚者のみが判別できる特殊画像と色弱模擬フィルタを、身の回りにある安価な材料を使って作製する。本教材開発のねらいは、提案する教材の製作と擬似色覚異常体験を通じて、色覚異常と呼ばれる子ども達が、いわゆる、一般色覚者とは異なった特別な“個性”をもっているということを子ども達に正しく伝えることである。



図1 色覚異常理解における問題点

2. 提案教材

2.1 混同色の検出

提案教材を開発するにあたっては、赤緑色覚異常者が混同しやすい色の組み合わせを明らかにする必要がある。そのため、本節では混同色の検出方法について述べる。

一般的に、コンピュータにおいてカラー画像を取り扱う場合には、RGBによる表現が多く用いられているが、RGBによる色の表現は、ディスプレイやデジタルカメラ、プリンタなどのデバイスに大きく依存する。このため、色の研究においては、CIE（国際照明委員会）において規定されているCIE-1931XYZ表色系を色表現の基準として用いることが一般的である。よって、本研究においてもCIE-1931XYZ表色系を採用する。RGBからXYZへの変換式は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 X &= 0.412453 \times R + 0.35758 \times G + 0.180423 \times B \\
 Y &= 0.212671 \times R + 0.71516 \times G + 0.072169 \times B \\
 Z &= 0.019334 \times R + 0.11919 \times G + 0.950227 \times B
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

式(1)中のXYZは、三刺激値と呼ばれる仮想的な表色系であるため、数値と色の関連がわかりにくい。そこで、XYZ表色系から絶対的な色合いを表現するためにxy表色系を用いる。XYZからxyへの変換式は以下の通りである。

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}
 \tag{2}$$

このxとyを色度座標と呼び、すべての色はxとyによる2次元平面、および明度を示すYで表現される。

図2に、平面に作図されたxy色度図を示す。図中の点は単色光のxy色度を示す点（380～780nm）であり、U字の軌跡は単色光軌跡と呼ばれる。また、その下側を結ぶ直線は純紫軌跡と呼ばれる。これらの軌跡により、波長の単色光がxy色度図上でどこに位置するかを確認できる。また、単色光軌跡と純紫軌跡の内側に可視光の色が存在する。本研究においては、図2のxy色度図を用いて赤緑色覚異常者が混同しやすい色の組み合わせを求める。

赤緑色覚異常は、その特徴によっていくつかに分類される。色覚異常の種類により、xy色度図上の異なる場所に混同色中心と呼ばれる座標を有する。ジャッド（D.S.Judd）により求められた混同色中心の座標は、第一色覚異常（protan）が、 $x_p = 0.747$ 、 $y_p = 0.253$ 、第二色覚異常（deutan）が、 $x_d = 1.000$ 、 $y_d = 0.000$ である。二点ある混同色中心のうち、いずれか一点から可視光の領域に向けて引かれる線のグループが、それぞれの色覚異常における混同色線

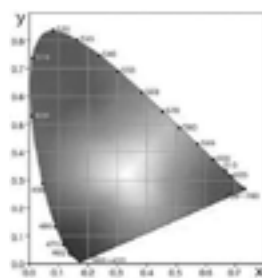


図2 xy色度図

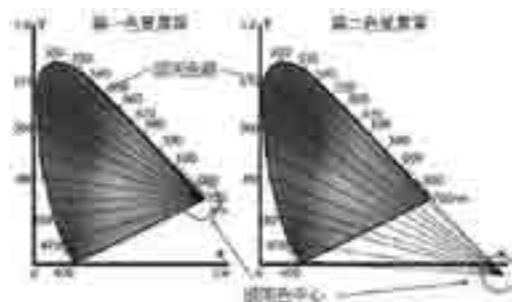


図3 xy色度図上における混同色線

と呼ばれる。xy 色度図上における混同色線を図3に示す。同一直線の混同色線上にある個々の色は、赤緑色覚異常者にとって混同しやすい色の組み合わせであることが知られている。すなわち、使用する色同士が同一の混同色線上に位置するか否かを判定することで、色覚異常者により識別が困難か否かを判断することが可能である。

2.2 特殊画像の作製方法

現在、赤緑色覚異常検査表として有効とされている表には、①石原式色覚異常検査表、②東京医大表（TMC表）、③標準色覚検査表（Standard Pseudoisochromatic Plates, SPP）がある。これらの表と同様に、提案教材においては図4に示すような同じ大きさの円形ドットを並べることで、子ども達が特殊画像を作製するための型とする。そこでは、特殊画像の下地（白図）における円の直径を1cmとし、着色には身の回りにある色鉛筆を用いて子ども達が特殊画像を作製することを想定している。子ども達は、この白図上にドット絵によって数字や文字などを描く。また、円形ドットの枠線の太さに関しては、コンピュータで描ける最小ポイントの線の太さとする。その理由は、赤緑色覚異常者は文字などに枠線があると色情報を整理しやすく、色の混同が起こりにくいとされているためである。教室内の掲示物等においては、縁取りすることはカラーバリアフリー化を実現する上では非常に有効な手段の一つではあるが、本研究では色の混同を体験することが目的の一つであるため、枠線の影響が最も小さくなるように最小ポイントの線としている。また、円形ドットの枠線の色と背景色に関しては、枠線の色を灰色、背景色を白色とする。現在、色の研究では背景を灰色（RGB=128、128、128）で行うことがCIEにおいて奨励されている。しかしながら、①色鉛筆は配色後の透過性が高いので本来の発色ができないこと、②背景色の印刷に手間がかかること、等の理由から背景を灰色とせず枠線の色を灰色にすることで、特殊画像用の白図を実現する。



図4 特殊画像の下地（白図）

図5に、xy色度図上に引いた三本の混同色線上の同一座標における色を示す。図5(a)は一般色覚者における色の見え方である。また、図5(b)はCUDO（Color Universal Design Organization）によって公開されているシュミレーションツール⁷⁾を用いることで、図5(a)を色覚異常者が見ている色に変換したものである。図5から明らかなように、色覚異常者にとっては赤や橙、緑系の色が黄系の色に見えており、また、ピンクや青系の色が同じように見える。例えば、これらの画像情報を基に特殊画像を作製するとすれば、単に赤色（ $x, y=0.61, 0.35$ ）のドットで作った背景に、緑色（ $x, y=0.30, 0.60$ ）のドットで数字などを表現することが考えられる。しかしながら、教材として考えた場合、2色だけの単調な画像では児童生徒等の創作意欲を引き出せないことに加え、単純すぎるために教材としての発展性に欠ける。そこで、補色を利用することで、特殊画像の作製に使用できる色を選定する。補色とは一般的には

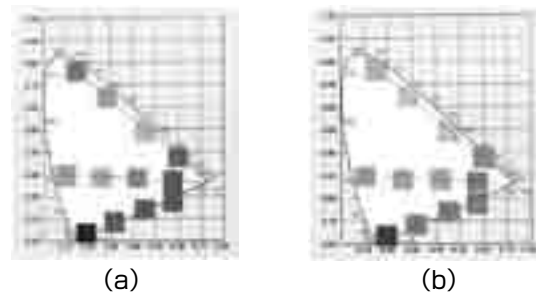


図5 混同色線上の色 (a) 変換前 (b) 変換後

一番区別のしやすい2色の関係をいう。具体的には、図6中に示す色相環とxy色度図の対応において、それぞれの色の対角線に位置する色同士が補色の関係となる。図6において、赤緑色覚異常者にとっては、赤と緑は混同しやすい色の組み合わせということが明らかに示されている。また、赤緑色覚異常者の見え方においては、全ての色が青系か黄色系の2系統に大きく分類できることが分かる。図6(b)から明らかなように、青色と黄色は赤緑色覚異常者には最も鮮明に見える色であり、赤緑色覚異常者の脳は際立って見える青色や黄色の処理を中心に行う。このため、特殊画像の文字等に青色や黄色に見える画素を混ぜておくと、赤緑色覚異常者には赤と緑の色の差が大きくても判別が難しくなる。

以上の原理に基づいて作製した画像を、図7に示す。図7から明らかなように、赤緑色覚異常者には「赤・緑」という「よく似た色」の中に、青色の「ランダムな画素」が浮き出て見え、描かれた数字の判読が難しくなることが分かる。一方、同様の手法で“赤色と緑色”と“青色と黄色”との関係を逆にすると、反対に赤緑色覚異常者には容易に読めるが、一般色覚者には判読が難しいタイプの特殊画像を作製することが可能である。図8に、その一例を示す。

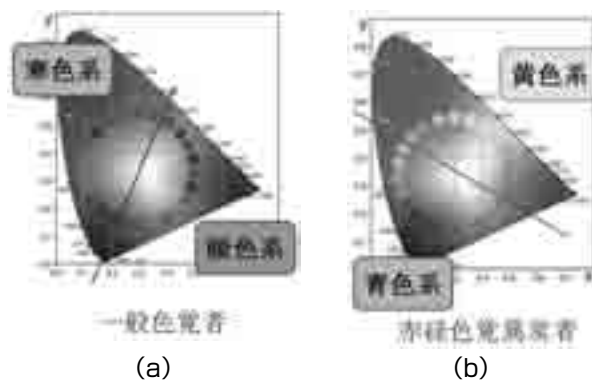
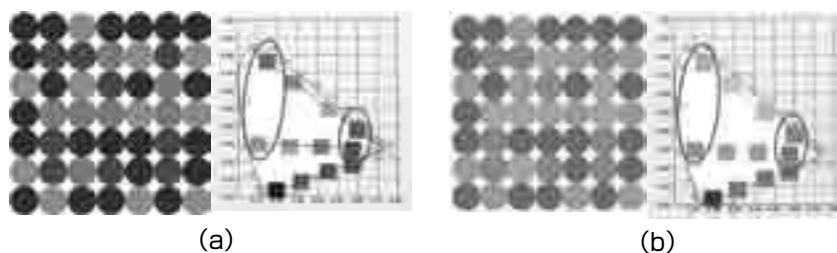


図6 色相環とxy色度図の対応 (a) 変換前 (b) 変換後

図7 赤緑色覚異常者には判読が難しい特殊画像(数字21)
(a) 一般色覚者の見え方 (b) 色覚異常者の見え方

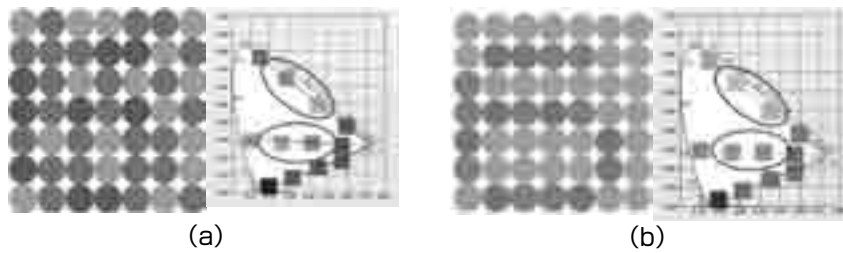


図8 一般色覚者には判読が難しい特殊画像（数字6）
 (a) 一般色覚者の見え方 (b) 色覚異常者の見え方

2.3 模擬フィルタの作製方法

これまでに行われている一般色覚者に色覚異常を体験させるための方法は、大きく次の2つに分けられる。

- ① ソフトウェアを用いることで、コンピュータ上で画像のカラーを変換^{3), 7), 8)}する方法。
- ② 模擬フィルタ⁶⁾を用いることで、一般色覚者の視覚情報を変化させる方法。

ソフトウェアを用いる方法は、画像の色を任意に変更できるため、赤緑色覚異常だけでなく他のタイプの色覚異常の擬似体験にも広く利用できる。しかしながら、コンピュータを必要とするために、設置コストの面において不利である。また、ソフトウェアによっては、対象画像が変わるごとに色変換を行う必要もあり、柔軟性に欠ける。

一方、模擬フィルタを用いる方法は、体験できる色覚異常のタイプがフィルタの種類によって固定されるものの、身につけるだけで実際の色覚異常者のような体験を行うことが可能である。しかしながら、現在市販されている色弱模擬フィルタ²⁾は、1台あたりの価格が数万円であるため、十分な教材費を確保できない教育機関においては導入が難しい。

以上の問題点を鑑み、提案手法においては、図9に示す比視感度図から、赤緑色覚異常が“赤色と緑色が判別しにくいという反面、青色を精密に判別できる”という特徴に着目することで、青色のセロファン用紙を用いて模擬フィルタを作製する。図9の比視感度図から明らかなように、第二色覚である赤緑色覚異常者は一般色覚者に比べて、波長 λ が400~480nm付近の色に関する比視感度が高い。提案する模擬フィルタの原理は、青色セロファンが青色以外の光を吸収する性質を持つため、赤緑色覚異常と同様に、画像の青色が際立って見えるようになるというものである。

図10に、試作した模擬フィルタを示す。同図より明らかなように、提案の模擬フィルタはセ

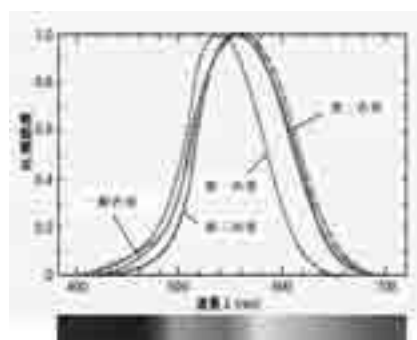


図9 比視感度図



図10 試作した模擬フィルタの一例

ロファン用紙と厚紙方眼紙のみで作製できるため、非常に安価であり、製作しやすい。提案手法においては、子ども達が作製した特殊画像を、図10に示す模擬フィルタを通して見ることで、擬似色覚異常体験を実現する。

3. 実験による検証

3.1 検証の方法

提案教材の有効性を確認するために、教育学部の学生（一般色覚者10名と色覚異常者3名の合計の13名）に対して、検証実験を行った。また、一般色覚者には模擬フィルタの着用を依頼し、赤緑色覚異常の模擬体験ができるか否かの検証も行った。今回の検証実験においては、小学校での実践授業を想定して、以下の手順で行った。

- ① 色覚異常者が混同しやすい色の組み合わせや、補色の考え方等についての具体的な説明を行う。
- ② 白図を配布し、特殊画像の製作を行わせる。はじめに、被験者は表現したい文字、数字、模様等の作製を行い、その後に背景の作製を行う。なお、提案教材においては、小学校の児童でも体験できることを目標としているため、児童らが日常的に扱っている色鉛筆やクーピーペンシルを利用して特殊画像の作製を行ってもらう。
- ③ 被験者が作製したそれぞれの作品が、各色覚においてどのように見えるかを確認してもらう。具体的には、特殊画像に描かれた文字や数字などがはっきりと読み取れたのか、読み取れなかったのかについて、○か×で回答してもらう。

検証実験の様子は、図11に示す通りである。



(a)



(b)

図11 検証実験の様子 (a) 特殊画像の作製 (b) 擬似体験

3.2 検証結果

図12に、被験者が作製した特殊画像を示す。(a)－(c)は一般色覚者でいう暖色系の色で文字、数字を作製し、寒色系の色で背景を作製しており、(d)・(e)は色覚異常者でいう青色系で文字、数字を、黄色系で背景を作製し、(f)は黄色系で数字、青系で背景を作製している。

これらの特殊画像を用いた検証結果を表1に示す。(a)－(c)は色覚異常者からは、青色系と黄色系が入り混じって文字、数字が判別しにくくなっている。また、(d)－(f)は一般色覚者にとって暖色系と寒色系が入り混じり文字、数字が判別しにくくなっているが、模擬フィルタを用いることで判別可能となった。以上のことから明らかな通り、赤緑色覚異常者と一般色覚者のそれぞれの色覚特性において別々の見え方をする特殊画像を作製した後、それらの有効性を検証することができた。さらに、赤緑色覚異常者の見え方と、模擬フィルタを着用した一般色覚者の見え方が同じ結果であることから、模擬フィルタを着用することで赤緑色覚異常の模擬体験が行えることが確認できた。

表1 検証結果

試験画像	赤緑色覚異常者	一般色覚者	
		模擬フィルタ着用前	模擬フィルタ着用後
図12 (a)	×	○	×
図12 (b)	○	×	○

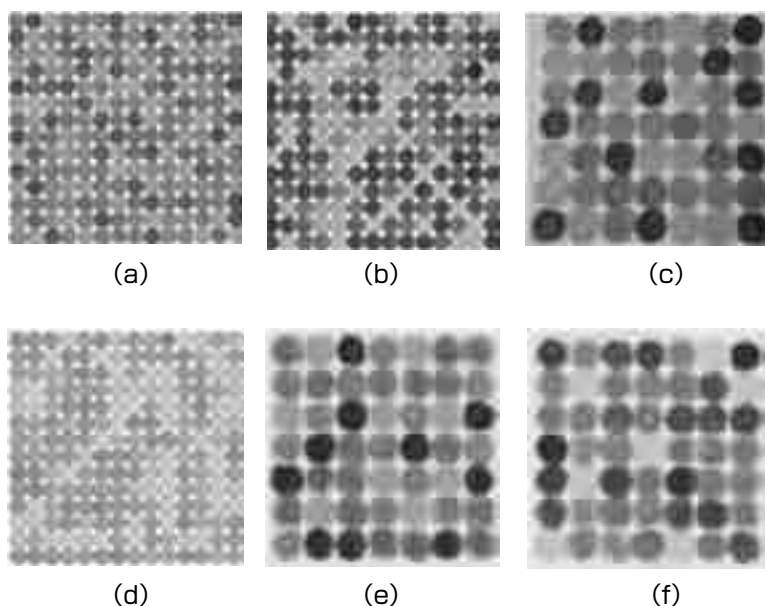


図12 被験者によって作製された特殊画像の一例 (a)－(c) 色覚異常者に読み難い画像
(d)－(f) 一般色覚者に読み難い画像

4. 考察

提案教材においては、石原式色覚異常検査表のように一般的には使用されない色ではなく、子ども達が日常生活において扱われている12色色鉛筆等を用いることで、普段自分達が当た

り前のように見ている物や風景が色覚異常者にとっては見えにくかったり、違った認識で見られているといった、身近なところにある“色覚のバリア”に気づかせることのできる教材を開発できた。特殊画像の作製においては、12色だけでは表現できる色の組み合わせが数種類に限られてしまうので、子ども達の創造性や創作意欲を損なう可能性がある。しかしながら、①白図のドットの数を増やすことや、②使用できる色の数を増やすことなどの対策により、複雑な特殊画像を作製することが可能である。実践対象の学年に応じて、特殊画像の作製における条件を変えていくことで、子ども達の創造性や創作意欲に対応することが望ましいと考える。

5. まとめ

本研究では、赤緑色覚異常の子ども達が判別しやすい色の組み合わせを科学的に明らかにすることで、身の回りにある安価な材料で擬似的な色覚異常を体験できる教材を開発した。提案教材の有効性については、一般色覚者、及び、赤緑色覚異常者による検証実験から明らかにした。

高価な模擬フィルタやシミュレータを利用する従来の色覚異常体験とは異なり、提案手法は色鉛筆とセロファン用紙だけで擬似的な色覚異常を体験可能である。このため、提案教材は教材導入における敷居が低く、教育現場においてあまり行われていない、色覚に関する経験学習の一助となり得る。本研究は、体験的な学習を通して、“色覚異常”を児童等に気付かせ、“思いやりの心”や“豊かな道徳性”などの教育に必要な事柄を、子ども達らに伝えることができると考えられる。

参考文献

- 1) 日本視覚学会（編）：視覚情報処理ハンドブック，朝倉書店，2007
- 2) 大田安雄・清水金朗：色覚と色覚異常，金原出版，1999
- 3) 岡島克典・神戸秀：色覚異常のリアルタイムシミュレーション，HIP2007-53，pp.107-110，信学技報，2007
- 4) 伊藤啓：色使いのガイドライン，神奈川県保健福祉部地域保健福祉課，2005
- 5) TOSSランド：実践授業記録集，<http://www.tos-land.net/>
- 6) 伊藤光学工業株式会社：色弱模擬フィルタ「バリエーション」,<http://www.itohopt.co.jp/>
- 7) Vischeck：<http://www.vischeck.com/>
- 8) 吉澤将則・矢口博久：観察条件を考慮した二色型色覚の色の見え，第32巻，第3号，pp.175-184，日本色彩学会誌，2008

