

# 特別支援学校の理科実験で使用する色識別装置の試作

佐々木 敦\*, 澤田 蓮\*\*, 佐藤 英樹\*, 榊 守\*\*\*

## Trial manufacture of the color discrimination device to use in the Science experiment of the special needs education school

Atsushi SASAKI\*, Ren SAWADA\*\*, Hideki SATO\*, Mamoru SAKAKI\*\*\*

**Abstract** — An experiment of the color variation of the water solution is conducted in the elementary and junior high school. The sighted person can recognize the process when a color changes by viewing, but the blind person recognizes the color using a light probe that converts light into a sound. However, the light probe is expensive and produces an error by neighboring environment. In this study, we produced a cheap color discrimination device in small size. The device is made using a color sensor and can distinguish a color without being affected by neighboring illumination. The prototypic color discrimination device was able to distinguish a color by the change of the musical scale. However, we understood that practice was necessary to master the device.

**Key words:** Color discrimination device, Special needs education school, Blind person

### 1. はじめに

小学校および中学校の理科実験ではフェノールフタレイン溶液やBTB溶液などを用いて水溶液の色の変化を読み取る実験がある。晴眼者は色の変化する過程を目視で認識できるが、視覚障害者は一般的に感光器を用いて光の照度を音階へ変換し、それを聞き分けることで色の認識を行っている。感光器(Light Probe)とは、受光部、発振部、音響装置から構成されるものであり、視覚障害者の理科の教育には欠かせない装置である。

しかし、感光器は高価であり、光センサーによって照度のみで色を識別しているため透過や反射といった状況では実際の色との誤差が生じることがある。

本研究では、視覚障害者が理科実験をする際に使用する色識別装置を試作することを目的とする。

本装置は、カラーセンサーを用いて明度、彩度、色相から色を識別するもので、小型かつ安価で照度に捉われずに測光可能なものを試作した。

### 2. 色識別装置の概要と構成

本研究で試作する色識別装置は、カラーセンサーとマイコンボードと音響出力機で構成され、測定対象にセンサーを近づけて近接使用する。センサーから送られるRGBの色情報は、マイコンボードで音の信号へ変換され、音響出力機で音階として出力する。

理科実験の際に、水溶液の入った試験管やビーカーに触れた状態で色の変化を読み取れるように、指先にカラーセンサーを装着する。カラーセンサーから手首に装着したマイコンボード(制御装置)までの接続は極細の線で配線し、スピーカーやイヤホンで音を出力する。本装置の使用イメージ図を図1に示す。

\* 釧路工業高等専門学校 電気工学科

\*\* 北海道電力株式会社

\*\*\* 茨城大学 教育学部

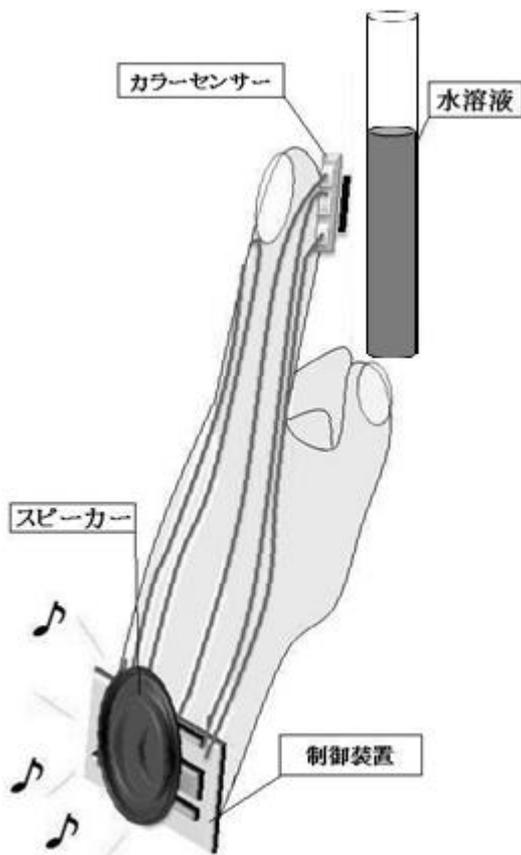


図1 色識別装置の使用イメージ

以下、本色識別装置で使用する各構成要素について説明する。

## 2.1 デジタルカラーセンサ S9706

本研究で用いたカラーセンサーS9706は、浜松ホトニクス製で Red ( $\lambda=615\text{nm}$ ), Green ( $\lambda=540\text{nm}$ ), Blue ( $\lambda=465\text{nm}$ )にそれぞれ感度をもつデジタル出力のカラーセンサーである。

このセンサーはR, G, B, の3色を同時に測光することができ、受光部を9×9素子(高感度)と3×3素子(低感度)にするかで感度設定ができる。RGBの測光結果は各12bitのデジタル値でシリアル出力される。[1]

カラーセンサーの入出力端子は6端子(Dout, Vdd, GND, Range, Gate, CK)あり、各端子は、それぞれ順にデータ出力, 5V電源, グランド, 感度設定, 測光時間設定, クロックパルスとして使用している。カラーセンサーS9706の全体図を図2, 受光部の拡大図を図3に示す。

受光部にはフォトダイオードとカラーフィルタが組み合わさって使われており、感知した色をカラーフィルタによって赤, 緑, 青の成分へ分解し、

それぞれの色成分による強度をフォトダイオードで検知する構造となっている。

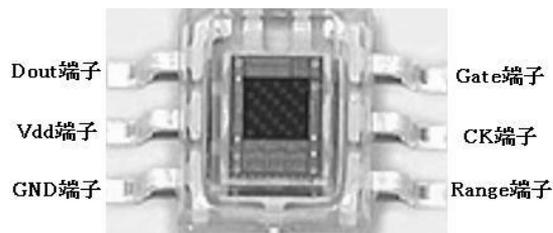


図2 デジタルカラーセンサ S9706

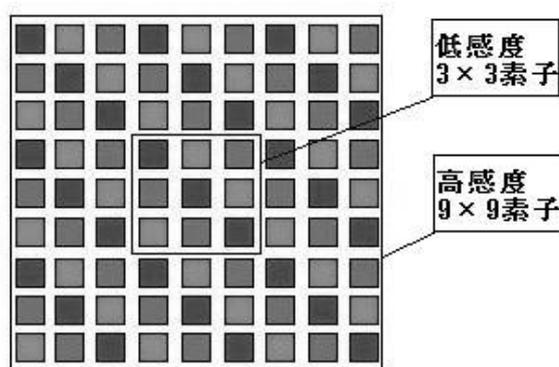


図3 受光部拡大図

表1は、カラーセンサーを卓上に置いた固形物に対して約45度の角度で配置して3種の色を検知した結果である。照明は約2.5m上方にある蛍光灯によるものである。S9706はRGB値を12bitのデジタル値で出力されるため8bitへ変換し、明るさを0~255の範囲とした。Toはカラーセンサーの測光時間である。3種の色は、(a)白色, (b)肌色, (c)黒色とした。

表1 固形物のRGB値の検出

固形物の色	R	G	B	To(ms)
(a) 白色	255	255	255	51
(b) 肌色	193	233	124	51
(c) 黒色	81	68	29	51

これらの検出結果(RGB値)から色の合成を行うと、(a)は白色, (b)は薄緑色, (c)は暗い茶色となった。実際の色に合わせるには、各成分の検出効率を考慮したRGB値の補正が必要である。

## 2.2 音響出力装置(圧電ブザー)

音響出力装置としては他励式の圧電ブザーを使用した。圧電ブザーは、HI と LOW を高速で切り替えるパルス信号により内部の金属板を振動させて音を出力するものであり、スピーカーに比べて小型で軽量の素子である。圧電ブザーには他励式と自励式があるが、自励式は発振周波数が決まっているため任意の周波数の音を出力することができない。本装置では、水溶液の色の変化を音階によって出力するため、その周波数範囲の出力が可能な他励式のものを使用した。

## 2.3 制御用マイコン (Arduino)

制御用マイクロコンピュータには Arduino を用いた。Arduino は 2005 年にイタリアで設計、開発され、AVR マイクロコンピュータ、入出力ポート等が備えられたものを小型のモジュール基板に収めたのである。プログラム言語は C/C++ をベースとしたものを使用しているため、プログラミングのために専用の言語を一から習得する必要が無い。

Arduino のプログラムはスケッチと呼ばれ、このスケッチを Arduino に書き込むためには Arduino IDE という総合開発環境を導入する必要がある。Arduino IDE は Windows, Mac OS X, Linux で動作し、無料で使用することができる。[2]

本研究では、Arduino UNO (図 4) と Arduino Pro Mini (図 5) を用いて装置の製作を行った。色識別装置の評価機には軽量で小型の Arduino Pro Mini を使い、試作機には Arduino UNO を用いた。試作用として Arduino UNO を使用したのは、配線の変更が容易で試行錯誤を繰り返しやすいためである。Arduino Pro Mini には 3.3V と 5V のものがあるが、ボタン電池での動作を可能とするために 3.3V タイプを使用する。Arduino UNO と Pro Mini の性能を比較したものを表 2 に示す。

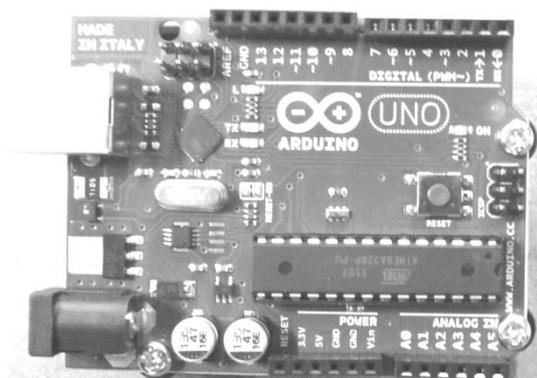


図 4 Arduino UNO (試作機用)

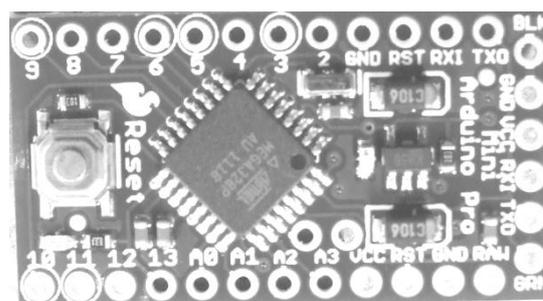


図 5 Arduino Pro Mini (評価機用)

表 2 Arduino UNO と Pro Mini の性能比較

	Uno R3	Pro Mini
マイクロコントローラ	ATmega328P	ATmega328
動作電圧	5V	3.3V or 5V
Digital I/O	14 本 (内 6 本は PWM 可)	14 本 (内 6 本は PWM 可)
Analog Input	6 本	6 本
DC 出力電流	各ピン 20mA, 合計 100mA	各ピン 40mA, 合計 150mA
Flash Memory	32KB	32KB
SRAM	2KB	2KB
Clock Speed	16MHz	8MHz

## 3. Processing を使用した色の視覚化

RGB 値をもとに測光結果を視覚化する言語として Processing を使用した。Processing はイメージやサウンドを使用するためのオープンソースのプログラミング言語とその開発環境である。Java をベースとしており、その開発環境は Arduino に似ている。

本研究では、RGB 値からカラーイメージを表示するために使用した。カラーセンサーからの RGB 値は Arduino を通してシリアル通信でコンピュータに送られる。シリアル通信で受け取った RGB 値は Processing プログラムによってリアルタイムで画面上に合成色と RGB 値が表示される。

## 4. 試作機および評価機の製作

試作機のマイコンボードとしては配線変更が容易な Arduino UNO を用いて開発を行い、評価機は小型化のために Arduino Pro Mini を使用した。

#### 4.1 試作機の製作

デジタル式のカラーセンサー (S9706), Arduino UNO, 圧電ブザーを使用して試作機を製作した. 試作機の電源は制御プログラム開発用のノートパソコンの USB 端子より供給した. 試作した色識別装置のブロック図を図 6 に示す.

対象物からの光をカラーセンサーで受けて RGB 値に変換して Arduino UNO に入力する. RGB 値は計算処理されて音階に変換されて圧電ブザーにより出力される.

図 7 に識別色から出力する音の周波数を求めるフローチャートを示す. また, 音名と周波数の関係を表 3 に示す.

表 3 音名と周波数の関係

音名	周波数 (Hz)
C (ド)	262
F (ファ)	349
G (ソ)	392
A (ラ)	440
B (シ)	494
C (ド)	523

各色の識別は色見本より得られた RGB 値をテーブル化して, 被測定物からの RGB 値との比較によって推定する方式とした. 白色光 (液体の場合は透明) の場合には音を鳴らさず, 赤→黄→緑→青→紫→黒の順に音の周波数を下げている. また, どの色にも当てはまらない場合も音は鳴らさないこととした.

試作機を使用して色の判別を行った結果, 大まかではあるが対象物の色の識別を行うことができた. 色識別手法の確立と各試薬の色判別については評価機で行う.

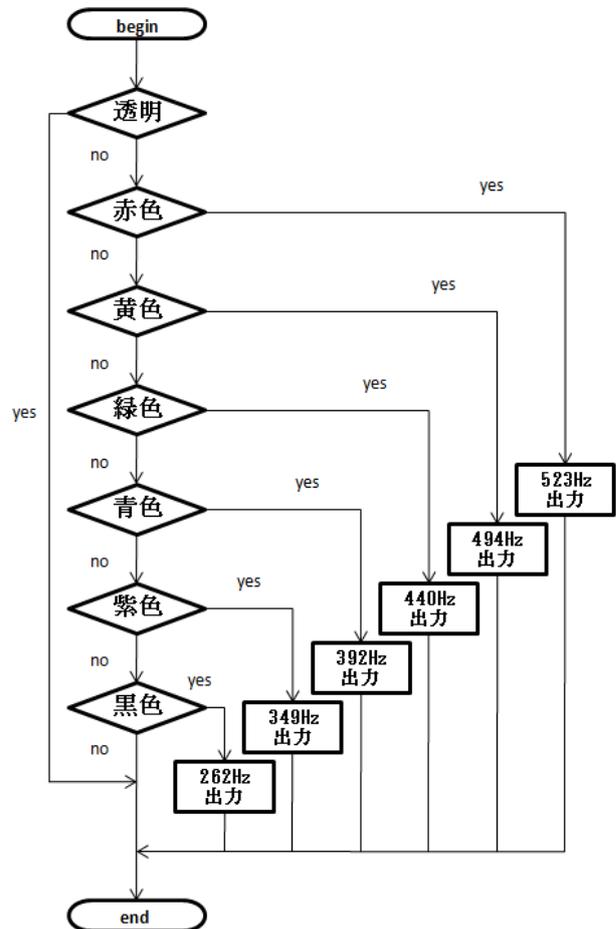


図 7 音の周波数を定めるフローチャート



図 6 色識別装置のブロック図

## 4.2 評価機の製作

試作機の小型化を図り、Arduino Pro Mini, 圧電ブザー, 電源から構成される制御部分を腕に取り付け、カラーセンサーを指に取り付けた評価機を製作した。Arduino 言語によるスケッチは、マイコンボードの種類や心臓部であるマイクロプロセッサの型番等に依存しないので、試作機のもをそのまま移植した。試作した評価機全体の写真を図 8 に示した。



図 8 評価機の全景

## 5. 評価機による基礎実験

pH の測定に用いるプロモチモールブルーをエタノールと水に溶かした溶液 (BTB 溶液) を模した水溶液を作り、色の変化に対する RGB 値を測定した。[3] BTB 溶液の黄色 (酸性), 緑色 (中性), 青色 (アルカリ性) の他に赤色と紫色も測定し、その結果を図 9 に示した。

BTB 溶液の範囲について、Blue 成分は色変化に対して一意的な変化を示しており、R, G 値の大小関係も考慮することにより推定が可能である。

同じく pH の測定に用いられるフェノールフタレイン溶液 (PP 溶液) を模した物についても同様の測定を行った。透明から徐々にピンク色を付けて、さらに赤紫色に変化させた場合の RGB 値の測定結果を図 10 に示した。

透明からピンクへの変化では、Green の減少が顕著であり、その後は Blue が一意的に減少していることがわかった。これらの総合判断から色識別が可能であることがわかった。

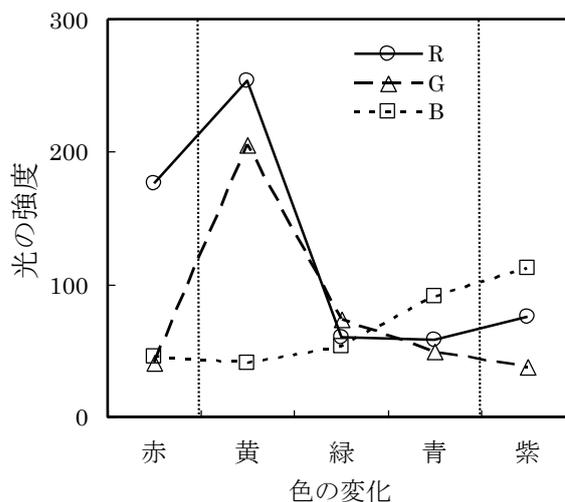


図 9 BTB 溶液の色変化に対する RGB 値の変化

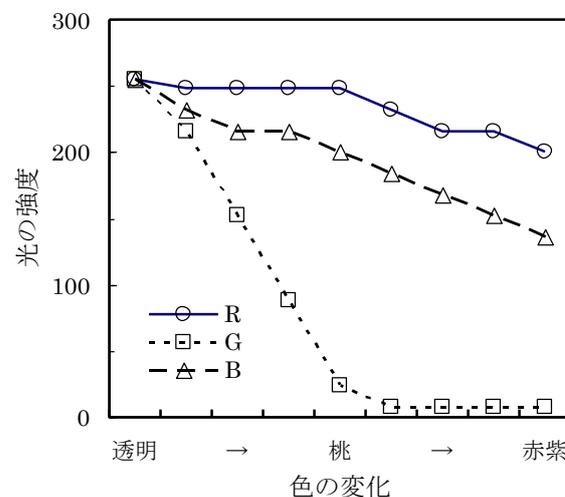


図 10 PP 溶液の色変化に対する RGB 値の変化

## 6. まとめ

本研究では、視覚に障害があり色の識別が困難な人に対して色の識別を支援する装置の開発を行った。pH 測定に使用される BTB および PP 溶液の色識別には有用であることがわかった。音階の聴き取りに関しては若干の慣れが必要であり、他の方法についても今後検討する。

## 参考文献

- [1] Massimo Banzi 著, Arduino をはじめよう, 株式会社オライリー・ジャパン, 2009
- [2] デジタルカラーセンサーS9706 データシート, 浜松ホトニクス, [https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s9706\\_kpic1060j.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s9706_kpic1060j.pdf)
- [3] 理科ねっとワーク「これで完璧! 実験の基本 200」, JST, <http://rikanet2.jst.go.jp/>