

視覚障害者のための色模様認識システムの開発

石川県工業試験場 前川満良, 金沢大学工学部 今井有希子, 関啓明, 神谷好承, ㈱北計工業 橋爪慎哉

Development of Color Discrimination System to recognize colored pattern for Visually and Color Blind
Industrial Research Institute of Ishikawa Mitsuyoshi MAEKAWA,

Kanazawa Univ. Yukiko IMAI, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA, Hokkei Co. Ltd. Shinya HASHIZUME

The visually and color blind desire to know not only color of the 1 point but also whole color on the object. Then, we developed color discrimination system could recognize the colored pattern. This system converts the color into the sound based on the mapping between color and sound, and it is able to recognize the color in the sound like the colored hearing ability. In this study, we were proposed with the Shepard Tone Method (STM) and the Trio Ensemble Method (TEM) in this mapping method. Tow color discrimination system by both mapping method was developed, and the effectiveness was evaluated by the experiment. The result also showed being effective, both ways.

1. はじめに

視覚障害者が日常生活の中で、物体の色や柄が分からず不便を強いられている場面が多い。たとえば、靴下の左右の色合わせや冠婚葬祭での適切な色の選択などである。さらに色覚障害の方は色名での会話に苦慮しており、対象物の色を色名で知ることは非常に重要な意義を持つ。しかし、これまでの課題に対して、点の色を認識するための研究しかないのが現状である。そのため、「面としての色を知りたい」、「どのように色が変化しているかを知りたい」、「色の変化をすることで、物の特定が確実に幅広くなる」といった要望も根強く残っていた。この解決策として、手で装置を走査しながら色を連続で認識する方法を検討した。

本研究では、連続で測色しながら、色の変化を音の変化で提示すれば効率的な色の提示が可能と考え、図1に示すような測色結果を音で提示する色認識システムを提案する。本システムでは、習熟度により使用方法として2通りを想定している。1つ目は初心者用として、色の変化に気づいたときに再度操作レバーを押す、その都度色名を呈示させる方法であり、確実に色模様が認識でき

ることを目標とする。2つ目は、さらに学習効果により色名を聞かなくても音だけで色の変化が認識できるような使用方法で、わかりやすく色と音をマッピングすることが研究の目標となる。

2. システム構成

色模様認識システムの構成を図2に示す。連続で測色するためには、同じ色は同じ結果が必要条件であり、測色の安定化が必要となる。そこで我々は測色時に無意識のうちに自動校正機能を作動させ、測色の安定化を図る測色部を既に開発している¹⁾。この測色部では0.1秒以下の測色時間を実現し、短い時間間隔で連続測色可能とした。測色結果は、RGBまたは色の三属性(色相:hue, 明度:lightness, 彩度:saturation)のHLSデータとしてRS232Cを経由し、PC(Personal Computer)に送信する。PCで受信したデータは、本研究で提案する色-音マッピング方式に従った変換アルゴリズムで音を生成する。音の生成・再生には、楽器音を自由に操れるMIDI(Musical Instrument Digital Interface)音源を利用した。使用したMIDI音源はローランド製STUDIO Canvas SD-20(GM2対応)である。PCからは、MIDI規格のメッセージをUSB経由で送信し、スピーカより音を再生させる。

色を音に変換するためのマッピング方式として、本研究では色の表現方法や音の三要素を考慮に入れ、以下の2つの方法を提案する。

3. 無限音階方式(Shepard Tone Method)の提案

色の表現方法の代表的なものとして心理的属性による三属性がある。この三属性の基本となる色相のマッピングについて検討する。色相は徐々に変化させると環をなすように、変化に連続性がある。音でそのような連続性を持つ要素には、音の高さであるC(ド)・D(レ)・E(ミ)といった音階(tone)がある。この音階の1オクターブ(Cから次のCまで)を12の音階で均等に分ける12平均律により色とマッピングさせる方法が考えられる。しかし、一見連続性があるように思えるが、次のCでは1オクターブ上になってしまい音の連続性が失われる。そこで本研究では、無限音階で音階の連続性が実現できる点に注目し²⁾、色相環と無限音階をマッピングさせる無限音階方式(Shepard Tone Method)を提案する。

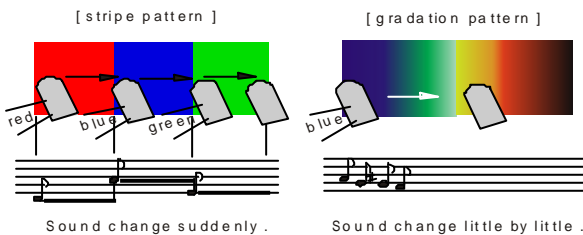


Fig.1 Image to recognize the colored pattern

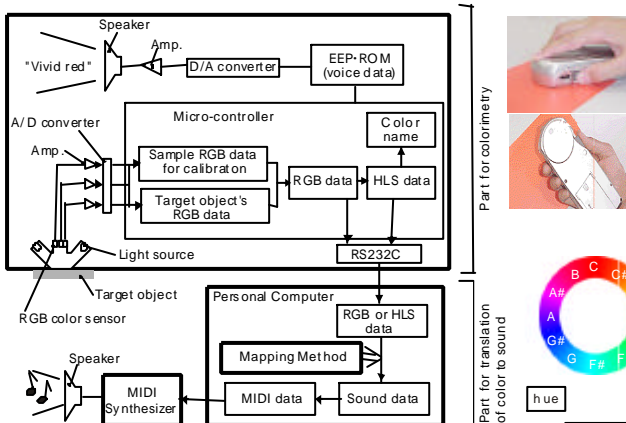


Fig.2 System configuration

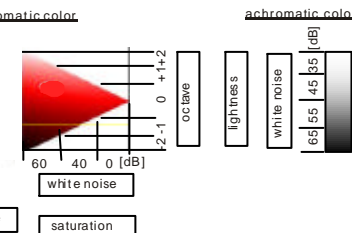


Fig.3 Shepard Tone Method

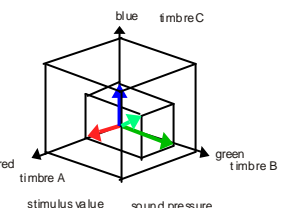


Fig.4 Trio Ensemble Method

無限音階方式の概要を図3に示す。色相は12平均律の無限音階とマッピングし、12分割した。基点となるCは色聴研究で共通性の高かった赤とした。次に明度はオクターブの上下(-2,-1,0,+1,+2)の5段階、彩度はノイズの付加(0,40,60dBの3段階)にマッピングした。また、無彩色はホワイトノイズのみの音として、白から黒へ段階的に音量を大きくした。この方式に従い、色-音変換アルゴリズムを開発し、184色に対応した音が生成できる。

4. 三重奏方式の提案
色は光の三原色であるRGBの加法混色により表現することができる。図4で示すように、このRGBの各々に楽器音を対応させ合奏することで色を表現する方式を提案する。必要な楽器音の数が3つであることから三重奏方式(Trio Ensemble Method)と呼ぶ。例えば、赤=ピアノ、緑=オーボエ、青=ホルンとした場合に、ピアノだけの音ならば赤で、ピアノとオーボエが等しく最大音量であれば黄色となる。

RGBの刺激量は3つの楽器の音量とマッピングする。音量は各楽器の最大音量が同じでないとイメージする色が偏ってしまう。しかし、MIDIの音量を指定する数値が同じでも実際の音量は楽器音によってバラツキがある。そこでどの楽器音でも同じ音量となるよう実測により補正し、64段階で音量を変化させた。この方式に従い、色-音変換アルゴリズムを開発した。これにより無限音階より連続的な音が生成できる。

5. 認識実験
無限音階方式と三重奏方式のそれぞれに対し、以下の2種類の能力が獲得できるかを検証することを目的とする。

1) 色模様識別能力

グラデーションと縞模様が識別可能かで検証する。

2) 色名認識能力

色名を段階的に提示しながら、音だけでどれだけ色名が正答可能かで検証する。

色サンプルを10種類用意し、以下の手順に従って実施した。無限音階方式、三重奏方式のいずれも同じ手順で、課題順も同じとする。被験者は10~30代の晴眼者8人(男性5人、女性3人)と視覚障害者2人(30代女性、50代男性)で、晴眼者には目隠しをしてもらった。事前に色相環、三原色、加法混色などの色についてと音と色のマッピングについて説明した。

(1) 音階テストとして、ランダムに音を10個提示し、音階名を解答してもらう。

(2) 色名を全く提示せず、色サンプルに沿って測色部を移動させる。移動にともなう音の変化を聞かせ、以下の質問に解答してもらう。質問は、「グラデーションか縞模様か?」「縞模様なら、色数と色名は?」「グラデーションなら、何色から何色への変化か?」

6. 実験結果と考察

縞模様とグラデーションの識別結果を表1, 2に示す。A1~A8は晴眼者で、B1, B2は視覚障害者である。被験者の下の[]内の数字は音階テストの結果で、音階同定能力と考える。視覚障害者も同じ手順で実験を行い、10人の平均正答率は、無限音階方式が94%、三重奏方式が98%と高い正答率であった。視覚障害の有無、音階同定能力の高低によって、正答率の差がみられないことが分かった。

音だけを聞いて色名を答えた場合の正答率を表3に示す。無限音階方式では、音階同定能力が高いほど、正答率が高くなっている。視覚障害の2人は、音感同定能力で同レベルの晴眼者より高い傾向にあった。絶対音感のあるA8は、ほとんど正解であった。

Table1 Recognition result by using Shepard Tone Method

Subject [pitch]	A1 [3]	A2 [4]	A3 [6]	A4 [7]	A5 [9]	A6 [9]	A7 [9]	A8 [10]	B1 [4]	B2 [6]	pattern correct rate %
1 stripe					x						90
2 gradation							x				90
3 gradation	x						x				80
4 gradation											100
5 stripe											100
6 stripe	x			x							80
7 stripe											100
8 gradation											100
9 stripe											100
10 gradation											100
correct number	8	10	10	9	9	10	8	10	10	10	94

Table2 Recognition result by using Trio Ensemble Method

Subject [pitch]	A1 [3]	A2 [4]	A3 [6]	A4 [7]	A5 [9]	A6 [9]	A7 [9]	A8 [10]	B1 [4]	B2 [6]	pattern correct rate %
1 stripe	x										90
2 gradation											100
3 gradation											100
4 gradation											100
5 stripe							x				90
6 stripe											100
7 stripe											100
8 gradation											100
9 stripe											100
10 gradation											100
correct number	9	10	10	10	10	10	9	10	10	10	98

Table3 Correct rate of color name when sound only present

Method	A1 [3]	A2 [4]	A3 [6]	A4 [7]	A5 [9]	A6 [9]	A7 [9]	A8 [10]	B1 [4]	B2 [6]
Shepard Tone Method	10.1	21.4	14.3	39.3	53.6	46.4	53.6	96.4	28.6	60.7
Trio Ensemble Method	21.4	32.1	42.3	32.1	39.3	67.9	39.3	78.6	46.4	71.4

音階が色と直接対応しているために、音階同定能力の高い人ほど、無限音階方式の方が認識しやすかったと思われる。

7. まとめ

色を点としてではなく面として認識したいという要望に対して、本研究では色を連続で測色し、時間遅れなく音で色を提示する色模様認識システムを開発した。色を効率よく提示するために色を音に変換する色と音のマッピング方式として無限音階方式と三重奏方式を提案し、両方式による本システムの色模様認識の有効性を検証した。検証実験により得られた結果を以下に列挙する。

- ・色模様の識別では、三重奏方式が無限音階方式より有効であった。しかし、無限音階方式も高い識別率であり十分に有効な方式と考える。
- ・色模様の識別では、両マッピング方式とも視覚障害や音階同定能力による差はなかった。
- ・無限音階方式による色名の認識では、音階同定能力が大きく影響し、能力の高い人ほど色名正答率が高かった。
- ・音階同定能力の低い人の色名認識では、三重奏方式の方が有効であった。
- ・視覚障害者が本システムにより色模様を認識できることが確認できた。

参考文献

- 1) 前川満良, 橋爪慎哉, 當間安厚, 有谷秀明, 一二三吉勝, 開啓明: 視覚障害者用の携帯型色認識装置の開発 自動校正機能による測色安定性の向上, 精密工学会誌, 69, 11(2003)1648.
- 2) 日本音響学会編: 音のなんでも小事典, 講談社(1996).