

## 視覚障害者のための色模様認識支援システムの開発 —色認識機能向上のための楽器音の選定—

石川県工業試験場 ○前川満良, 金沢大学工学部 城戸美沙尾, 関啓明, 神谷好承,  
(株)北計工業 橋爪慎哉, レハ・ヴィジョン(株) 一三吉勝

Development of Color Discrimination System to recognize colored patterns for visual handicapped persons

- Select of timbre for improvement in the ability to recognize color -

Industrial Research Institute of Ishikawa Mitsuyoshi MAEKAWA,  
Kanazawa Univ. Misao KIDO, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA

Hokkei Co. Ltd. Shinya HASHIZUME, Reha Vision CO. Ltd. Yoshikatsu HIFUMI

Because the visually handicapped persons desire to know color, we developed color discrimination system. It 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. In this study, we were proposed with the Hue Timbre Method (HTM) in mapping method. HTM is mapping between hue and timbre. The experiment to select some timbre was carried out, because using timbre is important to recognize the color in this method. In the experiment of color recognition, examined timbre arrangement was the best of others. It was shown that HTM with examined timbre arrangement was effective.

### 1. はじめに

視覚障害者が日常生活の中で、物体の色が分からず不便を強いられている場面が多く、対象物の色を知ることは非常に重要な意義を持つ。そこで色を色名に変換し音声で知らせるシステムが開発されたが、対象物の一部分の色の認識に限定されていた。そのために、「対象物全体の色を知りたい」、「どのように色が変わっているかを知りたい」、「色の変化を知ること、物の特定が確実に幅広くなる」といった要望も残っていた。この解決策として、我々は図1で示すように手で装置を走査しながら連続で測色し、色の変化を音の変化で呈示する色認識システムを開発している。この色認識システムでは色を音に変換する方式が重要であり、これまでに我々は、無限音階方式(Shepard Tone Method)と三重奏方式(Trio Ensemble Method)を提案し、その有効性を示した<sup>1)</sup>。しかし、両方式とも必要とする機能は充たしているが、音だけで色名を正答するには、無限音階方式は音階同定能力に左右され、三重奏方式は音から色への変換思考が複雑であるなど改善の余地もあった。

そこで本研究では、音だけで色を連想しやすくするために、無限音階方式と三重奏方式の長所を取り入れた色相楽器音方式を提案した。この方式では使用する楽器音が認識能力に影響を与えると思われるため、識別しやすい楽器音とその配列を実験により求め、色認識実験によりその有効性を確認した。

### 2. 色相楽器音方式(Hue Timbre Method)の提案

無限音階方式の「色相と音の対応付けは音から色への変換思考が単純で分かりやすい」、三重奏方式の「音階より楽器音の方が音感同定能力に関係なく識別しやすい」という両方式の長所から、色相と楽器音を対応付ける色相楽器音方式を提案する。具体的に

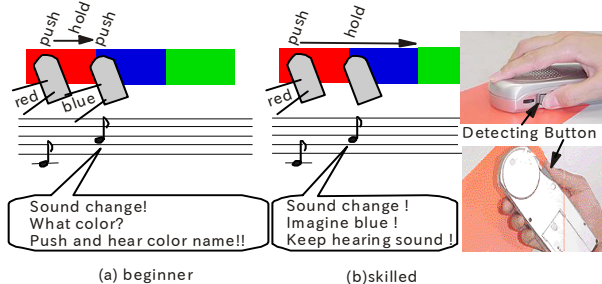


Fig.1 Image to recognize the colored pattern

は、図2(a)に示すように色相を赤、黄、緑、青、紫に5分割し各色に楽器音を対応させる。また、黄赤、黄緑、青緑、青紫、赤紫などの中間色はその両端の楽器音を同時に奏でさせる。さらに、色相の分解能に相当する分割数を多くするために図2(b)のように2色間の色相位置を2つの楽器音の音量比で表現する。この方式では、赤の中心では赤と対応付けした楽器音1だけの音が奏でられ、色相角度が隣の黄色に近づくにつれて黄色に対応付けした楽器音2の音量が増加し、中間位置から楽器音1の音量は減少する。最終的に、黄色では楽器音2だけが奏でられる。これにより、無限音階方式の色相分割数が少ないという課題が解決できる。また、隣接する色に対応付けした楽器音しか同時に奏でられることがなく、最大で2つの楽器音しか同時に奏でられることがなく、三重奏方式の第3の楽器が聴きとりにくいという課題も解決できる。

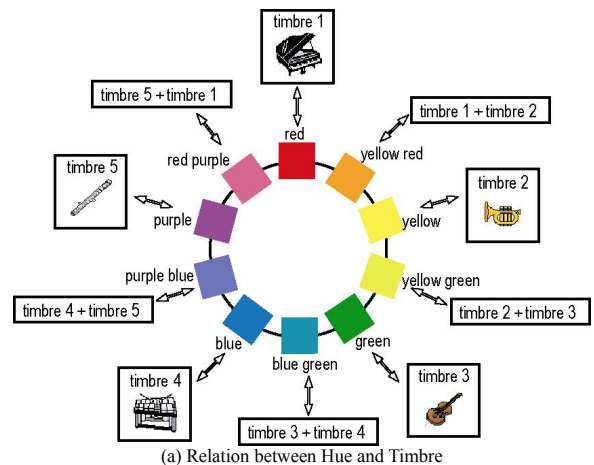


Fig.2 Hue Timbre Method

### 3. 楽器音の選定

色相楽器音方式では、使用する楽器音によって色の認識しやすさに差がでるものと考えられるため、5つの楽器音とその配列について検討した。

まず、MIDIの基本的な楽器音の中から特徴的な楽器音を13選出した。この楽器音の類似性を検証するために、各楽器音をランダムに5回奏でさせ楽器名を答える実験を行った。被験者には事前に音階テストを行い、正答率60%以下に限定した晴眼者10人である。その実験結果を表1に示す。バイオリンとチェロ、ホイッスルとオカリナ、ピッコロとフルートの類似性が高く、その中でもバイオリン、オカリナ、フルートが連想上優位で、チェロ、ホイッスル、ピッコロを候補から除外した。

次に、音量の変化を騒音計で計測した。MIDIの音量変数を変化させてもA.ギター、E.ギター、F.ホルンは音量の変化が小さく、音量変化で色相位置を示すこの方式には不向きな楽器音であることが分かり、これらも候補から除外した。

さらに、この方式では同時に2つの楽器音が奏でられることから、同時に2つの楽器音を奏でた場合の識別性について実験した。実験はこれまでの実験で除外されなかった7つの楽器であるため、 $7C_2=21$ 通りの組合せをランダムに2回ずつ奏で、2つの楽器名を答えてもらった。被験者は晴眼者10人に視覚障害者3人で、いずれも音階テストの正答率60%以下の人に限定している。楽器名の誤答率を表2に示す。組合せ

Table1 Relation between stimulus timbre and response timbre

response \ stimulus	Piano	Violin	Cello	A. Guitar	E. Guitar	Vibraphone	Clarinet	Trumpet	F. Horn	Whistle	Ocarina	Piccolo	Flute	Total
Piano	48	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50
Violin	0	32	9	1	2	1	2	0	1	0	2	0	0	50
Cello	0	25	22	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	50
A. Guitar	0	1	0	39	9	1	0	0	0	0	0	0	0	50
E. Guitar	8	1	0	2	32	5	0	0	1	0	0	1	0	50
Vibraphone	2	0	0	2	7	26	7	0	0	5	0	1	0	50
Clarinet	0	0	1	0	1	3	32	4	5	0	0	1	3	50
Trumpet	0	0	1	0	0	3	2	39	4	0	1	0	0	50
F. Horn	0	1	0	0	0	2	1	4	42	0	0	0	0	50
Whistle	0	0	2	0	0	1	0	0	0	25	15	7	0	50
Ocarina	1	0	0	0	0	5	3	1	1	7	25	4	3	50
Piccolo	0	0	2	0	0	1	5	3	3	0	1	12	23	50
Flute	0	0	4	0	0	4	7	1	1	0	0	12	21	50

Table2 Error rate of timbre in playing two timbre (%)

timbre2 \ timbre1	Piano	Violin	Vibraphone	Clarinet	Trumpet	Ocarina	Flute
Piano	-	25.0	19.2	25.0	17.3	19.2	11.5
Violin		-	23.1	46.2	19.2	25.0	23.1
Vibraphone			-	25.0	28.8	25.0	17.3
Clarinet				-	23.1	50.0	48.1
Trumpet					-	26.9	34.6
Ocarina						-	25.0
Flute							-

Table3 Timbre arrangement ranking

	timbre1	timbre2	timbre3	timbre4	timbre5	rate
1	Piano	Trumpet	Violin	Vibraphone	Flute	17.7
2	Piano	Trumpet	Violin	Flute	Vibraphone	19.2
2	Piano	Ocarina	Violin	Vibraphone	Flute	19.2
4	Piano	Flute	Violin	Trumpet	Ocarina	20.0

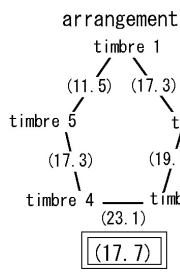


Fig.3 Evaluation of timbre arrangement

により誤答率のバラツキが大きく、5つの楽器音を配列する場合には誤答率が低くなるように配列するほうが識別しやすいと考えられる。したがって図3のように楽器音配列の各楽器音の組合せに誤答率を割当て、各配列の平均誤答率を求めた。平均誤答率の低い楽器音配列の上位を表3に示す。

### 4. 色認識実験

色認識実験は、表3の中から平均誤答率の最も低い楽器音配列(案A)だけでなく、楽器音選定の重要性を検証するために第4位の配列(案B)と13楽器音からランダムに選択した配列(案C)についても実施した。各案の配列を図3に示す。

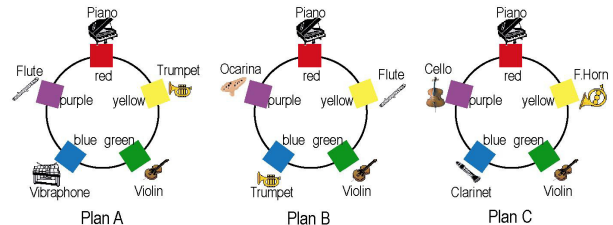


Fig.4 Timbre arrangement plan

色認識実験は、色サンプルを10種類用意し、色名を全く呈示せず、色サンプルに沿って測色部を移動させ、順次聴こえる楽器音とその変化から次の質問に答えてもらう。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?」。色と楽器音の対応が混同するので各案は日を改めて行った。被験者は10~30代の晴眼者3人(男性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。被験者は音階テスト正答率60%以下の人に限定している。

実験結果を表5に示す。先行研究と同じ被験者であるので比較のため無限音階方式、三重奏方式の正答率も記載した。A1~A3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。

色相楽器音方式は、いずれの楽器音配列でも無限音階方式、三重奏方式より正答率が高く有効であることが分かる。さらに同じ色相楽器音方式でも各案の正答率の順番は楽器音の評価結果に順じており、楽器音選択の重要性を示すととともに、案Aが最も有効な楽器音配列であった。

Table4 Correct rate of color name when sound only present

Method	Subject [pitch]	A1	A2	A3	B1	B2	Ave.
		[30]	[40]	[60]	[40]	[60]	
Hue Timbre Method	Plan A	96.4	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3
	Plan B	89.3	100.0	92.9	100.0	100.0	96.4
	Plan C	42.9	64.3	75.0	96.4	78.6	71.4
Shepard Tone Method		10.1	21.4	14.3	28.6	60.7	27.0
Trio Ensemble Method		21.4	32.1	42.3	46.4	71.4	42.7

### 5. まとめ

本研究では、音だけで色を連想しやすくするために色相と楽器音を対応付けした色相楽器音方式を提案した。この方式で使用する楽器音は識別しやすいことが必要条件であり、選定のための実験を行った結果、「ピアノトランペットバイオリンービブラホンーフルート」の楽器音配列が最も識別しやすいことが分かった。また、色認識実験でもこの楽器音配列の色相楽器音方式が最も有効な色と音の対応付けであることを示した。

#### 参考文献

- 1) 前川満良, 今井有希子, 橋爪慎哉, 関啓明, 神谷好承: 視覚障害者用の携帯型色認識装置の開発(第2報)ー色模様認識のための色と音のマッピングー, 精密工学会誌, 70, 8(2004)1117.