



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 —

前川満良** 橋爪慎哉*** 當間安厚*** 有谷秀明*** 一二三吉勝† 関 啓明††

Development of Portable Color Discrimination System for Visually and Color Blind
— Accuracy Improvement of Photoelectric Colorimeter by Automated Calibration System —

Mitsuyoshi MAEKAWA, Shinya HASHIZUME, Yasunori TOUMA, Hideaki ARIYA, Yoshikatsu HIFUMI and Hiroaki SEKI

The visually handicapped persons are often inconvenient to distinguish the color in the daily life. We have developed the portable color identification equipment. At first, it measures the surface color in the same way as the photoelectric colorimeter. Next, it translates the measured RGB data into the color name so that we can image the color easily. The color name is expressed by adding a modifier about lightness and chrome to 13 basic color names. Finally, it informs the color name by the voice for the visually handicapped persons. This equipment contains automated calibration system in order to make a measurement result be steady. The effectiveness of this system was shown by the experiment under various conditions of a temperature and illuminants.

Key words: color discrimination, photoelectric colorimeter, automated calibration system

1. 緒 言

視覚障害者は晴眼者を介さずに色を認識することが難しいため、日常生活で不便を強いられていることが多い。例えば、「左右で異なった色の靴下を履いていたために、恥ずかしい思いをした」といった経験などから、「色を知るための道具」の開発が望まれている¹⁾。特に、近年急増している糖尿病などによる後天性視覚障害者にとっては、生活の利便性はもちろんのこと精神的な意味合いからも、色を自立的に認識することは非常に重要な意義を持つ。さらに日本人では先天的な色覚異常が約 300 万人ともいわれており、白内障、網膜色素変性症などの後天性の色覚異常を含めると、色の認識で生活の利便性がそなわれている人は非常に多い²⁾。いずれの場合においても QOL(Quality of Life: 生活の質)の向上のためにも、幅広い生活の場面で使用できる携帯型の色認識装置への期待が高い。

一般的な色を計測する装置とは異なり、視覚障害者が色を認識するためには、(a)色を計測する測色技術と(b)色をわかり易く提示する色表現技術、さらに(c)携帯を可能とするための技術が必要である。

(a)の測色技術においてその方法は分光測色方法(spectrophotometric colorimetry)と刺激値直読方法(photoelectric tristimulus colorimetry)に大別される³⁾。測色のほとんどはこのいずれかの方法で行われており、各方法についても用途と測色対象物に応じた測色条件の標準化がなされている。例えば反射物体や透過物体については JIS Z 8722「色の測定方法—反射及び透過物体色」で、蛍光物体については JIS Z 8717「蛍光物体色の測定方法」で照明及び受光の幾何学的条件などが規定されている。このように、用途と測色対象物に応じた種々の測色計(colorimeter)が製品化されている。したがってこれらは精度

が高い反面、対象物に応じた使い分けが必要であり、可搬性に乏しく、コストが高いといった短所を有している。

一方(b)の色表現技術では、物理的な側面と心理的な側面を持つ色を正確に伝えることが大きな課題であった。そこで色を正確に表現するために色を数値や記号で表現する表色系(color system)が提案され、広く産業界で普及している。近年の色表現技術の研究は、印刷やディスプレイなどの異なった色表現媒体で正確に色を表現する色再現(color reproduction)技術の研究が主流となっている⁴⁾。このような研究においても数値で色を表現しており、色を取り扱う専門家以外が実際の色を想像することは容易でない。ましてや実際に色を見たことのない先天性の視覚・色覚障害者にとっては現実的な色表現技術とは言いがたい。

そこで、人間に色を想像させるために、測色値(colorimetric values)を色名(color names)で表現する手法が提案されている。古野らはマンセルの基本色相である赤、黄、緑、青、紫の 5 種類を基本に、良く使われる色として赤と黄の中間にオレンジ、ピンク、茶と、青周辺で水色、紺を加え、有彩色を 10 種類の色名で表現した。さらに無彩色の黒、灰、白を加え、計 13 種類の色名ですべての色を表現している⁵⁾⁶⁾⁷⁾。月東らは 5 種類の基本色相とその中間色を加えた 10 色相環を基本とし、それぞれの中間色を「赤と赤紫に近い色」とあいまいな表現を加えた、有彩色 20 種類、無彩色 3 種類の計 23 種類の色名ですべての色を表現している⁸⁾。いずれも色の三属性の中で、色相(hue)だけを認識するシステムといえる。高橋らは 5 種類の基本色相に加えて、赤と黄の中間に橙、茶を加え、さらに各色に「濃い」、「薄い」の修飾語を付加することで有彩色を 21 種類で表現している。さらに無彩色を黒、濃い灰、灰、薄い灰、白の 5 種類で表現し、計 26 種類の色名ですべての色を表現している⁹⁾。基本色名に明度(lightness)及び彩度(saturation)に関する修飾語を加え、色らしい表現となった。しかし、いずれも膨大な数の色を 30 以下の色名で表現していることから、大雑把な色の認識しかできないといった課題があった。当然、同じ色名表現の色の範囲が大きいため、類似色を比較することが不可能であった。

* 原稿受付 平成 15 年 1 月 29 日

** 正 会 員 石川県工業試験場(石川県金沢市鞍月 2-1)

*** 株式会社北計工業(石川県金沢市増泉 3-40-20)

† 株式会社レハ・ヴィジョン(石川県能美郡辰口町旭台 2-13)

†† 正 会 員 金沢大学工学部(石川県金沢市小立野 2-40-20)

さらに(c)の携帯を可能とするための技術的な課題が考えられる。例えば、バッテリー使用となるため電圧変動の測色への影響、省エネルギー化、充電あるいは交換方法などの対策が必要となる。実際に月東らの装置では、長時間使用によりバッテリー電圧が低下し、測色に影響を及ぼし正答率が低下したという報告がある⁸⁾。その他の装置においても、測色の再現性に課題を残しており、温度などの使用環境の変化が要因の一つとして考えられる。さらに校正試料などの携帯時の付帯物をなくすることなども携帯化において重要な課題となる。

そこで本研究では、視覚障害者が色を認識するために必要十分な精度を有し、わかりやすく多くの色を表現できる色認識装置を開発した。この開発において重要な要素となる携帯性を実現するために、携帯による環境変化や光源の経年変化などに起因する測色安定性の低下を最小限にするための自動校正機能を提案し、生活環境化で十分な安定性を維持する装置であることを示した。

2. 要求機能の分析

色が分からないことによって日常生活で不便な思いをしている視覚障害者は、時と場所を問わず簡便に色を認識することを要求しており、携帯可能とすることが最重要課題となる。

また、色を認識するための目的を考えると、大きく2つに分けられる。1つは、洋服のカラーコーディネートのように色自体を判別するための色認識であり、もう1つは、物体を見分ける判断要素の1つとしての色認識である。後者の場合、同じ物体に対して常に同じ結果でなければ混乱を招いてしまう。しかし、色は光源によって見え方が変化するものであり、一般的に人間が見える色を認識結果として提示する方法とは分けて考える必要がある。したがって、本装置には同一の物に対して何度測色しても同じ結果を返す短時間での再現性と数日後に測色しても同じ結果を返す長時間での再現性が求められる。

しかし、携帯性を高める場合には測色条件が不均一となり、長時間での再現性に影響をおよぼす可能性が高い。そこで、小型でありながら測色時に環境の影響を受けない、つまり外乱によるロバスト性の高い測色機能が必要となる。

一方、色の表現方法においては、色を認識しやすくするために色名により色を表現する手法がとられてきた。しかし、色名の総数が少ないために認識満足度は低く、数百色名での表現が要求されていた。この場合でも、2つの色を比較しやすくするために、慣用的な表現ではなく系統的な表現にする必要がある。

さらに主な使用者が視覚障害者であることから、操作性が重要となる。例えば、スイッチ数や操作手順は極力少なくし、定期メンテナンスや初期設定を不要にする必要がある。

3. 色認識装置

3.1 装置の概要

図1に本装置の概要を示す。本装置は大きく分けて、色を測定する測色部と測定値を色名に変換し色名を音声化する色表現部から構成される。認識手順は、まず視覚障害者が色を知りたい対象物に、図2のように装置裏側の測定窓(図3の装置背面図の先端部)を塞ぐように押し当てる。次に検出ボタンを親指で押し込むと光源が対象物を照射し、その散乱反射光をRGBカラーセンサが受光し、各色の光電素子が光電変換した電圧を増幅、A/D変換しマイクロコンピュータに取り込む。マイクロコンピュータでは色名に変換し、色名に対応した録音音声

ROMから読み込み、スピーカより音声で色名を読み上げている。つまり、装置を対象物に押し当て、検出ボタンを押すだけで音声により色を知ることができる。

このとき、正確に測定窓を対象物の測定箇所

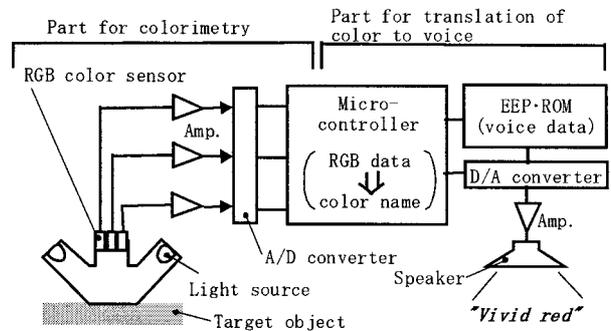


Fig.1 System configuration

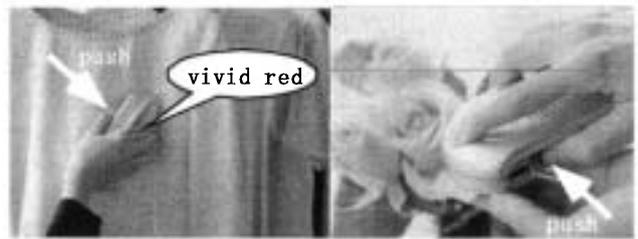


Fig.2 Discriminate the color of clothes flowers

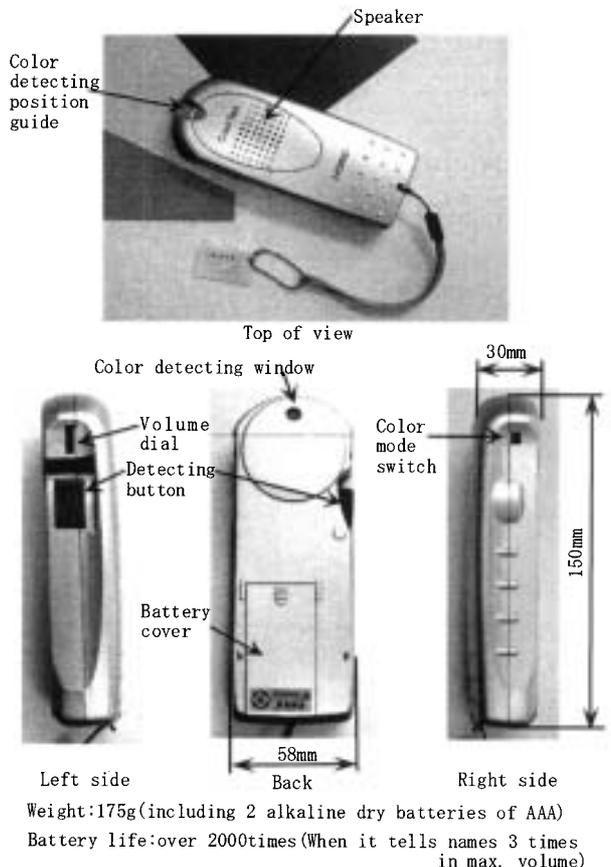


Fig.3 Overview of color discrimination system "Color Talk"

とである。そこで、装置裏側の測定窓の位置を把握するために、図3の上面図にあるように人差指の場所に凸マークを設けて解決している。また、携帯性ではハンドバックやポケットに入る大きさ(W=58mm, D=150mm, H=30mm)、重さ(175g)を実現した。消費電流を極力抑さえ、1回あたりの色認識で最大電流消費した場合でも2000回以上の電池寿命となった。

3.2 測色方法

測色方法は大きく分けて、分光測光器によって波長ごとの反射率を測定して三刺激値(tristimulus values)を計算で求める分光測色方法と、人の眼がもつRGB (Red, Green, Blue) に対する感度に近いカラーフィルターを備えた光電色彩計で三刺激値を光電的に直読する刺激値直読方法がある³⁾。本装置では、安価な装置構成を可能とする刺激値直読方法に準じ、外光を遮断した状態で一定光源からの照射に対して、測定対象物から得た散乱反射光をRGBカラーセンサで測色する方法とした。図4に照明および受光の幾何学的条件を示す。光源は、光源色の正反射の影響を取り除くために測定対象面と45°の角度をなす配置とした。また、光量を増やすために光源数は2個とし、対面に配置させた。測定範囲は障害者の使用方法を考慮して直径6mmの面とし、このスポット円内を均一に照射する構造とした。照射面の照度は255lxである。受光するRGBカラーセンサは、測定対象面の法線に配し、散乱反射光を受光する。したがって、本装置の測色は直径6mmのスポット円内の平均色となる。

測色部の主な構成部品として、光源には色相へ影響を与えにくく消費電力を極力抑えるために日亜化学工業社製白色LED (NSPW500BS：定格最大電流30mA)、RGBカラーセンサには最大感度波長Red=660nm, Green=540nm, Blue=460nmである浜松ホトニクス社製3chSiフォトダイオード(S7505)、CPUには日本電気社製32ビットRISCマイコン(V850/SBX)を採用した。

4. 色表現方法

散乱反射光の受光によってRGBカラーセンサから得た出力値はRGBの刺激値データであり、色を認識しやすい表現とはいえない。そこで色知覚の三属性である色相、明度、彩度の概念を用いた表現に変換し、さらに直感的に分かりやすい色名で表現する手法を提案する。

まず、RGB色表現からHLS色表現への変換を行う。座標系RGBの点P(x, g, b) [0 ≤ x, g, b < 1]を座標系HLSの点Q(h, l, s) [0 ≤ l, s < 1, 0 ≤ h < 2π]へ変換する手法は以下の通りである。

r, g, bの最大値をC_{max}、最小値をC_{min}とすると明度ℓは、

$$\ell = (C_{max} + C_{min}) / 2 \tag{1}$$

となり、彩度sは、

$$s = \begin{cases} (C_{max} - C_{min}) / (C_{max} + C_{min}) & (\ell \leq 0.5 \text{の場合}) \\ (C_{max} - C_{min}) / \{2 - (C_{max} + C_{min})\} & (\ell > 0.5 \text{の場合}) \end{cases} \tag{2}$$

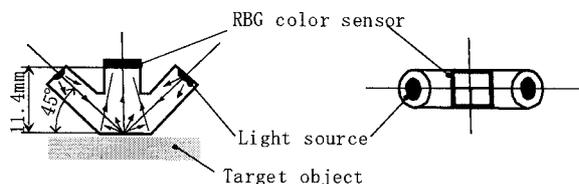


Fig.4 Layout of light sources and color sensor

となる。さらに色相hは、

$$h = \begin{cases} \frac{\pi}{3} \cdot \frac{g-b}{C_{max}-C_{min}} & (C_{max} = r \text{の場合}) \\ \frac{\pi}{3} \cdot \left(2 + \frac{b-r}{C_{max}-C_{min}} \right) & (C_{max} = g \text{の場合}) \\ \frac{\pi}{3} \cdot \left(4 + \frac{r-g}{C_{max}-C_{min}} \right) & (C_{max} = b \text{の場合}) \end{cases} \tag{3}$$

となる。ただし、h < 0の場合はh = h + 2πとする。

次に、座標系HLSの点Q(h, l, s)は膨大な数の色を示しているので減色しなければならない。そこでh, l, sを尺度化した色相値H, 明度値L, 彩度値Sに変換する。hからHへの尺度化はJIS Z 8721「色の表示方法—三属性による表示」にあるように、通常は等角度で分割されるが、本研究では図5に示すように日常生活で細かく色表現する黄—赤間と青—紫間を細分化し、20分割とした。L, Sについては等間隔で20分割した。

このH, L, Sから色名を決定する方法について具体例を挙げて説明する。本装置では、図6に示すようにLとSの関係から色番号を規定したカラーテーブルをH毎に作成した。例えばh = π/3のとき図5よりH=6が求まり、H=6用のカラーテーブルを参照する。ここでℓ = 9.5, s = 14.3のときL = 10, S = 15となり、カラーテーブルより色番号20が求まる。図7で示す色番

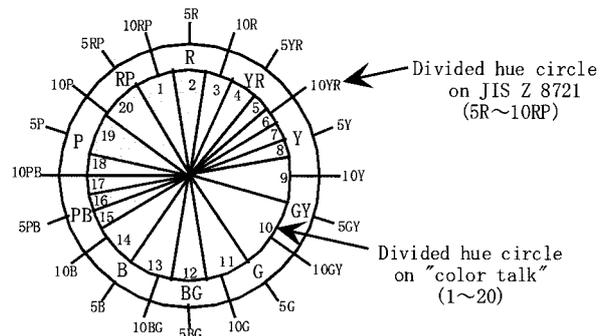


Fig.5 Divided method of hue circle

L-S Table of HUE 7 (yellow)		L-S Table of HUE 6 (reddish yellow)	
1	1 1	1	1 1 6 6
2	1 1	2	1 1 6 6 11 11 11
3	1 1	3	1 1 6 6 11 11 11
4	1 1	4	1 1 6 6 11 11 11 16 16 16
5	2 1	5	2 2 7 7 12 12 12 12 16 16 16
6	2 2	6	2 2 7 7 12 12 12 12 16 16 16 19 19 19
7	2 2	7	2 2 7 7 12 12 12 12 16 16 16 19 19 19
8	2 2	8	2 2 7 7 13 13 13 13 17 17 17 19 19 19 22 22 22
9	3 3	9	3 3 8 8 13 13 13 13 17 17 17 19 19 19 22 22 22
10	3 3	10	3 3 8 8 13 13 13 13 17 17 17 20 20 20 22 22 22
11	3 3	11	3 3 8 8 13 13 13 13 17 17 17 20 20 20 22 22 22
12	3 3	12	3 3 8 8 14 14 14 14 17 17 17 20 20 20 22 22 22
13	4 4	13	4 4 9 9 14 14 14 14 17 17 17 20 20 20 22 22 22
14	4 4	14	4 4 9 9 14 14 14 14 17 17 17 21 21 21 21 21
15	4 4	15	4 4 9 9 14 14 14 14 18 18 18 21 21 21 21 21
16	5 5	16	4 4 9 9 14 14 14 14 18 18 18 21 21 21 21 21
17	5 5	17	5 5 10 10 15 15 15 15 18 18 18 18
18	5 5	18	5 5 10 10 15 15 15 15
19	5 5	19	5 5 10 10 15 15 15 15
20	5 5	20	5 5 10 10
	1 2		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
			Saturation

Fig.6 Example of color tables

LS-Value and Color Name Table of HUE 7			
LS-Value	Color Name	LS-Value	Color Name
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

LS-Value and Color Name Table of HUE 6			
LS-Value	Color Name	LS-Value	Color Name
1	white	12	light grayish yellow
2	light gray	13	grayish yellow
3	gray	14	dark grayish yellow
4	dark gray	15	very dark yellow
5	black	16	pale reddish yellow
6	yellowish white	17	dull reddish yellow
7	light yellowish gray	18	dark reddish yellow
8	yellowish gray	19	light reddish yellow
9	dark yellowish gray	20	reddish yellow
10	yellowish black	21	deep reddish yellow
11	very pale yellow	22	vivid reddish yellow

Fig.7 Correspond tables color number with color name

Modifier of lightness and saturation	Modifier of hue	Basic color name	
vivid	reddish	Chromatic color red orange yellow yellow green green blue green blue violet purple red purple	
light	yellowish		
deep	greenish		
pale	bluish		
dull	purplish		
dark			
very pale			
light grayish			Achromatic color white gray black
grayish			
dark grayish			
very dark			

Fig.8 Expression of color names

号と色名の対応表も H 毎に作成しておき、この対応表より「赤みの黄色」が選択される。

ここでカラーテーブル内の色番号の配置は、マンセル色見本を数十人で読み取り、全員が感覚的に許容できる色名表現になるまで検証を行い決定した。また、色番号に対応する色名表現には JIS Z 8102「物体色の色名」で規定されている系統色名を用いた。系統色名に準じて図 8 に示すように 13 種類の「基本色名」に、「明度・彩度に関する修飾語」や「色相に関する修飾語」を組み合わせ、220 種類の色名表現で読み上げることを可能とした。これにより慣用的な表現ではできなかった全ての色の組み合わせについて、「こちらの方に赤みがある」といったような色の違いを感覚的に知ることができるようになった。

5. 自動校正機能

5.1 色校正方法

測色は温度変化による光電素子特性の変化や光源などの経年変化などが測色結果に影響を与え、精度の低下を引き起こす可能性がある。この測色結果への影響を極力少なくし、再現性を高めるために、一般の測色機器は使用環境の均一化や定期メンテナンスを必要とする。しかし本装置は携帯を前提としており、環境の均一化は実現不可能である。さらに落下などによる構造的ブレなど測色結果に悪影響を及ぼす因子が増えるものと考えられる。

一方、視覚障害者は他に色を確認する方法がないために装置

に依存する度合いが高く、装置には安定した測色結果が要求される。

不均一な環境における測色結果の再現性低下は、実際の色空間に対して測色による色空間が環境変化に応じて歪むためであると考えられる。そこで、色空間の歪みを無意識のうちに装置内で補正することにより環境変化に対処する自動校正機能を提案する。

校正方法は、事前に良好な環境下で校正用試料の計測値（カラーセンサの RGB 出力）を「基準データ」、使用時に毎回行う校正用試料の計測値を「校正用データ」とし、両者を基に対象物の計測データに演算処理を行っている。ある対象物を測定したとき、校正処理を行う前の r, b, g の各計測値を $c(r), c(b), c(g)$ 、校正処理を行った後を $c'(r), c'(b), c'(g)$ 、とすると、

$$c'(\lambda) = \frac{w_0(\lambda) - b_0(\lambda)}{w_1(\lambda) - b_1(\lambda)} \cdot (c(\lambda) - b_1(\lambda) + b_0(\lambda)) \quad (4)$$

ただし、 $\lambda = r, g, b$ であり、校正用試料 w と校正用試料 b の基準データを $w_0(\lambda), b_0(\lambda)$ 、使用時の計測値である校正用データを $w_1(\lambda), b_1(\lambda)$ とする。

校正用試料は最低 2 色が必要となるが、この場合は RGB の各値が最大となる白に近い色と最小の黒に近い色とする。さらに、白と黒の間を分割するように校正用試料を最大 6 試料まで増やすことが可能である。この分割された区間毎に両端色を校正用試料とし、同じ演算で校正が行えるため、より細かい校正が可能となる。

5.2 自動校正機能の実装

校正処理として校正用試料を計測する場合、RGB カラーセンサから校正用試料と測定対象物が等距離にあることが理想的である。しかし、校正用試料を装置とは別に持ち歩くような手法は、物を探すことを苦にする視覚障害者にとっては現実的ではない。したがって利用者の利便性を考え、装置内部に校正用試

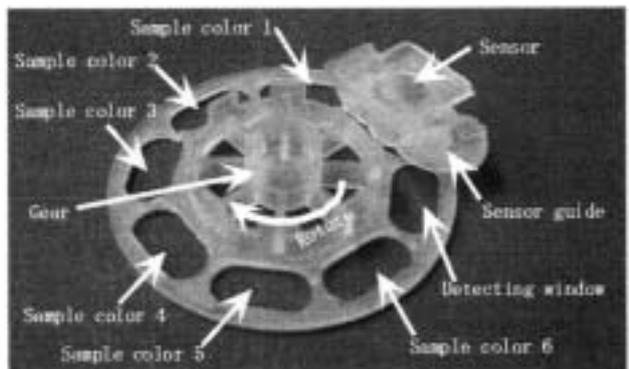


Fig.9 Rotate disk for calibration

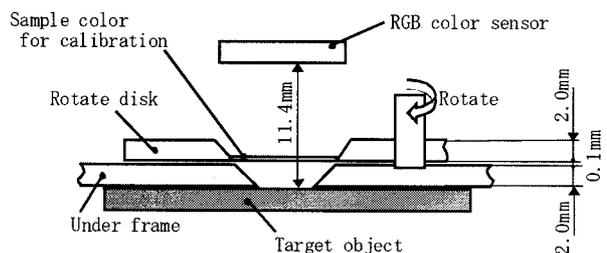


Fig.10 Section view of calibration mechanism

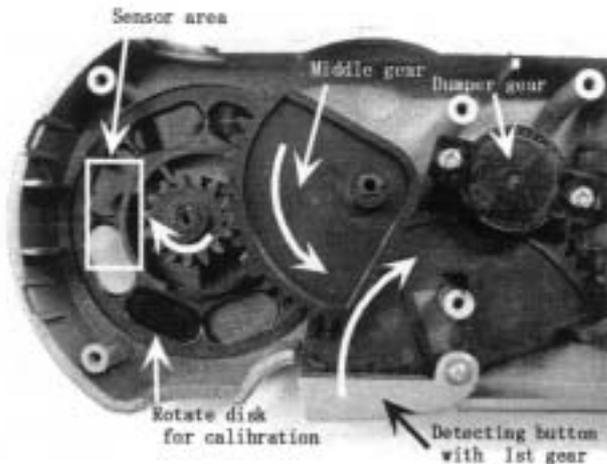


Fig.11 Automatic calibration mechanism

料を配置した。この場合、測定対象物と複数の校正用試料の計測位置をできるだけ接近させるため、図 9 に示すように校正用試料と測定窓を円盤状に配し、図 10 に示すとおり、装置筐体や測定円盤の隙間を極力薄くした。

さらに、無意識のうちに校正から計測までを短時間かつ一連の動作で行う必要がある。そこで図 11 に示す構造とした。まず、押しボタンを押し込むと機械的に電源スイッチを押し込み、同時に中間ギアを介して測定円盤を回転させる。回転により校正用試料から測定窓まで順番にセンサエリアを通過し、それと同期して計測を行う。急激な回転と計測の安定化を図るために中間ギアと並列にダンパギアを配した。この機構により、視覚障害者が普通にボタンを押し込むわずかな時間(約 0.3s)で、特に意識することなく校正から計測まで行うことが可能となった。

6. 測色安定性の検証実験

測色結果の安定性における、自動校正機能の有効性について実験的に検証を行った。

6.1 温度変化の影響

タバイエスペック社製ビルトインチャンバ(TBL-10W4GX)で湿度 55%rh のもと、温度を 5~45℃まで 10℃毎に測定を行った。色認識装置は同一のものを使い、RGB の電圧値から校正データに基づいた演算処理を行った場合と行わなかった場合の値を記録した。測定対象は PCCS (日本色研配色体系) の配色カードから 20 色を抜き出した。

図 12 にカード記号 w (白) の測定結果を示す。相対光量は、光電変換された電圧値を増幅し、最大電圧で割った値とする。

自動校正機能がない場合、温度の上昇により RGB 各色で光量が増加した。LED の照射光量自身が増加するためと考えられる。一方、自己校正機能がある場合には、ない場合に比べて RGB 各色とも温度上昇による変化は約 1/3 となった。これにより、自動校正機能によって安定性が向上したことが示された。

他の色においても同様のことが示されたが、図 13 の色カード Bk (黒) の測定からもわかるように、光量の絶対量が少ない場合には変動幅は小さくなった。

装置によるばらつきを見るために、有効性を確認しやすいカード記号 w (白) をさらに 2 機種で同様の実験を行った。測定結果は、図 12 とほぼ同じで装置のばらつきに関係なく自動校正機能の有効性が確認できた。

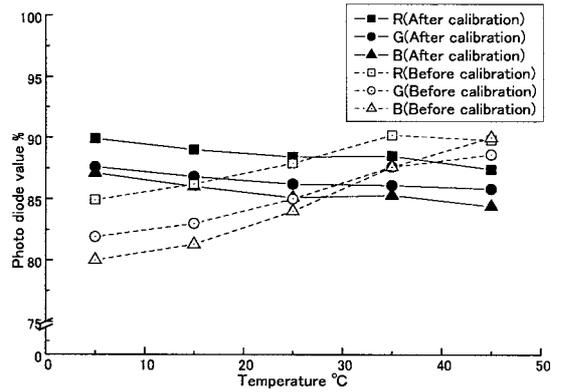


Fig.12 Influence of photo diode value by temperature when measuring white paper

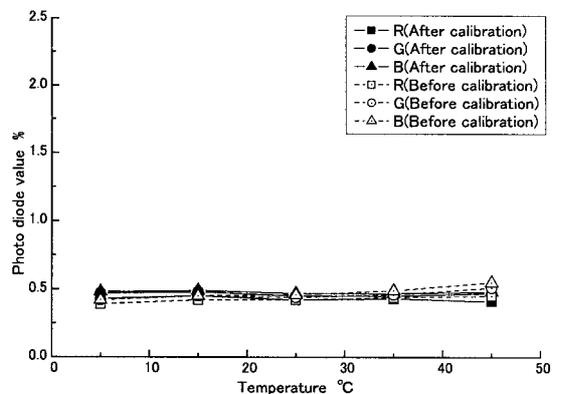


Fig.13 Influence of photo diode value by temperature when measuring black paper

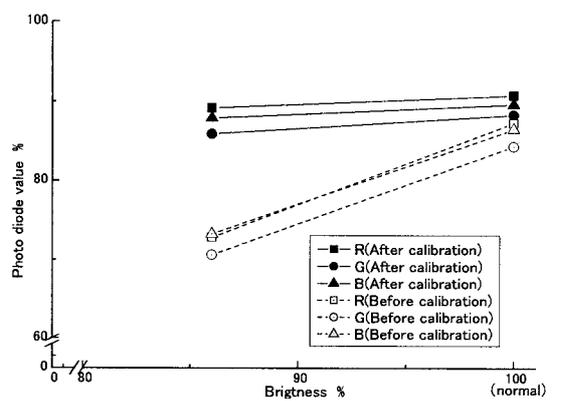


Fig.14 Influence of photo diode value by brightness

6.2 光源変化の影響

本装置では 2 つの白色 LED を使用しているが、一方の LED を抵抗により約 30%減光、総光量にして約 15%減光させ、その影響を前節同様に測定した。測定環境は温度 15℃、湿度 55%rh で一定とした。

図 14 に実験結果を示す。自動校正機能がある場合には RGB 各色の相対光量とも約 2%の減少であったが、自動校正機能がない場合には RGB 各色の相対光量とも約 14%減少した。

この結果からも、故障や経年変化による光源の減光に対して、

自動校正機能が有効であることが示された。

7. 結 論

本研究では、視覚障害者が色を認識するための携帯型色認識装置を開発した。これにより、視覚障害者は次の様なことが可能となった。

- (1) 色を 220 種類の色名に変換し、音声で出力することで容易に色を認識することが可能となった。
- (2) 色名を系統的な色名で表現したことで、色の差についても認識可能となった。
- (3) 小型化により携帯が可能になり、外出先でも色を認識することが可能となった。

これにより、視覚障害者の QOL 向上に大きく寄与することができた。

また、携帯型色認識装置の開発にあたり提案した自動校正機能を実現することにより、次の様な結果を得た。

- (1) 生活環境下における温度変化に対して、自動校正機能により測色精度が向上することが確認できた。
- (2) 電圧降下による光源光量の低下に対して、自動校正機能により測色精度が向上することが確認できた。
- (3) 校正用色試料を装置内に内蔵し、操作レバーと連動して

複数の校正用試料と対象物の測色を行うことが可能となったため、校正の煩わしさがなくなり、認識時間が非常に短くなった。

今後、水溶液のような透過色の認識、さらに水玉や花柄といった柄の認識が可能な装置へ展開したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 日本点字図書館, E&C プロジェクト: 視覚障害者アンケート調査報告書—朝起きてから夜寝るまでの不便さ調査—, 日本点字図書館 (1993).
- 2) 深見嘉一郎: 色覚異常, 金原出版(1995).
- 3) 日本色彩学会編: 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会(1998).
- 4) 大田登: 色再現工学, コロナ社(1997).
- 5) F.Furuno et al.: Colour Discriminating Apparatus for the Blind, 1st International Conference on Computer for Handicapped Persons, (1989) 134.
- 6) 古野二三也: 視覚障害者用色識別装置, 第4回リハ工学カンファレンス講演論文集, (1989) 171.
- 7) 古野二三也: 視覚障害者用色識別装置の研究, 障害者能力開発ジャーナル, **33**, 7(1991) 25.
- 8) 月東充: 色障害者のための色識別システムについての研究, 名古屋市工業技術研究報告, **81** (1996) 13.
- 9) 高橋廉: 色を音声で読み上げる色センサ, トランジスタ技術, **37**, 78 (2000) 260.

編 集 後 記

一般民生品から生産設備にわたる広範なメカトロニクス機器の駆動源として、電磁アクチュエータは欠かせない存在となっています。特に近年では、情報機器や移動通信システムのマイクロ化や省エネルギー化、精密メカトロニクス機器の高精度化を実現する上で、電磁アクチュエータに対する高性能化の要求が高まっています。

そこで、本号では、「精密工学を支える電磁アクチュエータ」と題した特集を企画させていただきました。電磁アクチュエータに関連する分野は多岐にわたりますが、要素としてのサーボモータやリアモータに加え、身近に存在するアプリケーション事例として自動車と情報機器を取り上げました。各分野の先生方にご執筆いただいた原稿を拝読し、電磁アクチュエータの重要性を再認識するとともに、その進化と普及の過程を理解することができました。お忙しい中、限られた紙面にもかかわらず広範な内容を詳細にご執筆いただきました著者の皆様に心よりお礼申し上げます。

グラビアとインタビューでは、電磁アクチュエータの核となるコイルに着目し、精密なコイルの製造を得意とされている(株)アサヒ電気研究所にお邪魔しました。ご多忙中にもかかわらず、長時間にわたり、様々なコイルを拝見させていただくとともに、線材の巻き方等について実演を交えながらお話しいただきました。私事で恐縮ですが、ボイスコイルモータ用に300ターンほどのコイルを自作した際、単純な形状にもかかわらず「整列巻き」とは程遠いコイルしか製作できなかった経験から、数多くの美しい完全整列巻きコイルを拝見し、強い感銘を受けました。読者の皆様におかれましても、グラビア掲載の美しいコイルにご関心をお持ちいただけることと期待しております。インタビューに快くご協力いただきました(株)アサヒ電気研究所の皆様には、この場をお借りして改めて御礼申し上げます。

最後に、本特集を実現するにあたりご協力いただきました学会編集部関係各位に感謝申し上げます。

(橋詰 等)