

信号の色が見えにくい運転者に対する ユニバーサルデザイン信号灯

落合太郎*

先天色覚異常はわが国の男性の約5%、女性では0.5%の割合で出現し、海外ではその割合が10%前後と多い。LED信号灯は色覚異常者にとって電球式よりもかえって色の区別がつきにくくなったという報告がなされた。国際照明委員会（CIE）でもさまざまな対応策の議論がなされてきたが、有効な方策とされたものは少ない。本稿で紹介する方式は最新の検討で推奨され、世界の標準方式のひとつとなるべくCIE国際投票に向けた準備を進めているところである。その最前線を報告する。

Universal Design Signal for Color Deficient Drivers

Taro OCHIAI*

Congenital color blindness occurs in about 5% of men and 0.5% of women in Japan, and occurs in about 10% of people in other parts of the world. Color-deficient drivers reported lower color visibility with the LED signal lamp compared to with the light-bulb type signal lamp. While the International Commission on Illumination (CIE) has discussed various countermeasures, few strategies have been recommended. The state-of-the-art method introduced in this paper is recommended in the most recent study at the CIE, and it is optimized for implementation as a standard model worldwide.

1. はじめに

1-1 色覚異常が問題となる場合

色覚検査は1958年（昭和33年）に始まり、1995年からは小学校4学年の定期健康診断時に全国一斉に実施されていたが、その実施方法の不備から差別やいじめを誘発したという指摘を受けて、この10年間は実質中止されてきた。色覚異常であることを知らされず、自分でも気付く機会を失っていた者は、進学や就職時期を迎えて一部の希望職種には就けないという事実と直面した。こうした事態を憂慮し、2016年度からの色覚検査の再開が決定された。福岡市等では既に2015年度から案内を開始して検査を先行させた。学校教育の現場に限らず「色覚異常」は、古く

で新しい問題となって再び注目を浴びるようになった。

一般に色覚検査には「石原色覚検査表」を用いることが多い。陸軍軍医の石原忍が開発した丸い「地」の中にいろいろな色の点集合で主に数字の「図」としてあらわしたものである。その鋭敏さは極めて優れ、全38表からなる国際版は世界中の眼科医が使用している。石原表35表を例に図と地の概念で説明すると、色覚正常者には青みの明るい緑と濁色の緑が同系の濃淡緑の「図」として繋がった線に見え、赤や茶系の「地」と区別される。2型2色覚者の見え方では青みの緑と同じ明度の赤が繋がった「図」として見えて、濁色の緑が周囲の濁色の赤と同色化して「地」と認識される。正常者は明度と彩度が微妙に異なっている赤が混在していることに気づかない。このため色覚異常者と正常者でそれぞれ異なる線が見える。色覚異常者は見える色数が少ない分、明度差を色相差に翻訳しているという点は重要なポイントだ¹⁾。

色覚異常は遺伝で発現する。例えば父親が色覚正

* 九州産業大学芸術学部教授

Professor, Faculty of Art and Design,

Kyushu Sangyo University

原稿受付日 2015年9月28日

掲載決定日 2015年11月30日

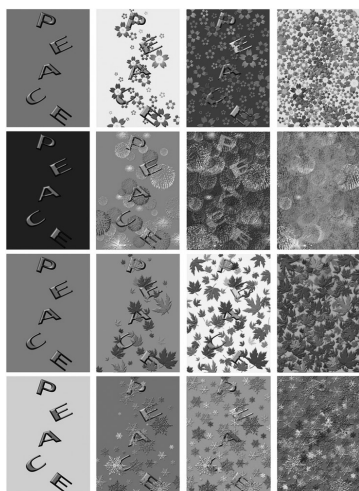
常で母親が保因者（色覚正常）の場合には、1/2の確率で男の子が色覚異常、同様の確率で女の子は保因者となる。RGBの光の3原色のどれを感じる錐体が欠落するかで、先天赤緑色覚異常には1型2色覚・2型2色覚・3型2色覚の別がある。多く見られるのは2型で、1型はより少なく、3型は極めて稀だ。強度の1型は赤が極端に見えにくいという特徴があるため、やや日常生活に困難を伴うことがある。

運転免許試験には色覚検査が含まれるが、多くはレンズ越しに見える丸の色を回答する。色覚異常者は赤と黄を誤答しやすいが、青色は識別できるので最終的には免許は取得できる。

1-2 色覚異常からの逆転発想

色覚異常者は全てに劣っているわけではない。日頃から明暗の微妙な差で色相の別を補完するため、「明度差」には正常者より敏感であるし、また青色の色味には特に敏感とされる²⁾。こうした素質が生ので場面で活かされることはほとんどなかったが、仕組みを積極的に逆手にとってソーシャルアートに応用する試みもある。

Fig.1のイラストレーション「Uncover Peace! 掲開平和! めくる平和!」には、日本の四季の代表的風景を表す春の桜、夏の花火、秋の紅葉、冬の雪が描かれ、それぞれの季節には「PEACE」の文字が含まれる。やがてこれらの文字は段々覆われて、見えなくなるが、夏の花火の最後のイラストだけには、「PEACE」の文字が色覚異常の人だけに見えるように隠されている。色覚異常の特性をソーシャルア



Uncover Peace! 掲開平和! めくる平和!
Fig. 1 ソーシャルアートに展開する色覚

トにして、社会へ平和のメッセージと共に送る仕掛けだ¹⁾。色覚異常ならではの逆転発想も効果的な場合がある。

2. 道路に氾濫する視覚情報

1960年代から進展したモータリゼーションによって都市空間の拡大と集積がなされ、さまざまな色情報も氾濫するようになった。色覚異常者にとって色を見分けられなければ不利益となる問題場面が交差点にある。電球からLEDへ技術革新がなされ、今ではほとんどの光源色にLEDが使用されるようになった。物体色よりも光源色の方が見分けにくい色覚異常者に対しては、同じLED光源がさまざまに絡み合う都市空間のなかでは総合的に問題解決を図っていく必要に迫られている。

Fig.2は福岡市別府橋から撮影した写真である。ちょうど5m程度の陸橋頂上から下り坂に向かうところで、降り切るまでの数秒間で信号を見つけ出し、ブレーキを踏むかどうかの判断を迫られる場面だ。自動車の丸いテールランプが赤信号灯と紛らわしく見えて、この写真を赤色が見えにくい色覚異常者の見え方でシミュレーションすればわかるが、街灯が青信号と、テールランプが赤信号灯と形状も類似して識別しにくいなか、信号灯を見つけ出すのはほとんど不可能に見える。

最近ではLEDの特性を活かした線形のデザインで、従来の円型のテールランプや方向指示灯に替わるものも多く見られるようになった。これだと少なくとも「信号灯」との区別はつく。こうした赤色LED灯の異常なまでの氾濫状況には、都市景観や自動車産業からの「知恵の連携」が強く求められている。

こうした状況に対して、福岡市では建物壁面の10m以下の部分に発光する看板を条例等で規制する



Fig. 2 見つけにくい信号灯の所在 (○内に信号灯)

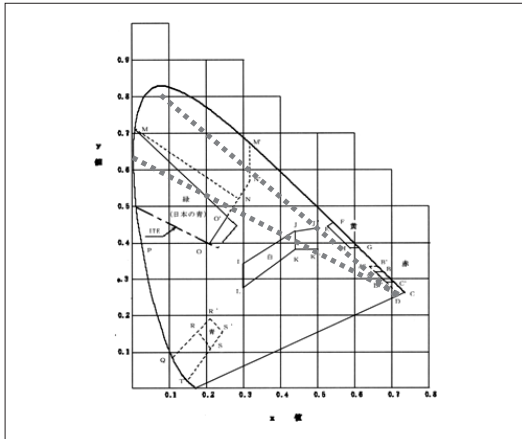


Fig. 3 CIEダイアグラム上に規定されている信号灯の色
注：太点線の補助線は1型2色覚の混同色線を重ねたもの

動きがある。信号機が5mの高さに位置することから、運転者から俯瞰する視界に紛らわしい光源があることを危惧する考えからの配慮である。

道路空間と色彩に着目すれば、わが国に120万基以上ある信号機はモータリゼーションの進展と安全確保に無くてはならないものである。一般には赤が止まれ、黄が注意、青が進めと理解されている。しかし道路交通法上は「黄は止まれ」で、赤は交差点内にいたら速やかに出よ、である。一方、1灯点滅式信号機は「黄は徐行」、赤が一旦停止である。また3灯式信号機でも深夜などでは黄と赤の点滅によりこの機能を代用しているところが多いため、黄が止まれという認識は薄い。国際的にも赤・黄・緑（日本は青）が基本色で、Fig.3で定められているように、どこの国でも同じ仕様に基づいて作られている。

外周が純色を表し中央が白色となるCIEダイアグラムでは、特に緑は本来Fig.3の上側の点線で示される位置にあって、赤・黄と同じ混同色線上に並ぶ。色覚異常者は混同色線上の色は同じに見えるため、信号灯では緑の範囲を青寄り（下方）にずらして区別できるようにした。これにより3色とも同じ色に見える最悪の事態は避けられたが、赤と黄で使用可能な色の範囲はより狭いため、例えば純色の赤を黄寄りにずらすということをして、色覚異常者の混同色線からは逃れられない。従って、赤と黄の混同を解決するためには色彩以外の何らかの方法を併用することが必要という結論が導かれる。

3. 色覚異常者の運転ニーズ

Fig.4の上段は旧型の電球式信号灯、下段はLED

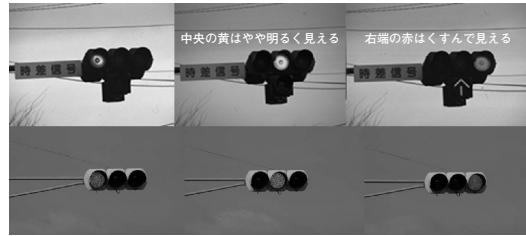


Fig. 4 区別が付きにくい黄灯と赤灯（色覚異常シミュレーション：上段は電球、下段はLED）

式信号灯でそれぞれ色覚異常者（2型2色覚）の見え方をシミュレーションしたものである。電球式の黄と赤を比較すると黄の方が明らかに明るく見えるが、LEDとなると黄の方をわが国では1.5倍（CIEは2.5倍を推奨）の明るさにしているものの、その差が電球式ほど明確ではないのが判る。1型2色覚は赤が暗く見えるので比較的区別が付きやすいが、あらゆる状態の信号で区別できるわけではない。

色覚異常者は昼間であれば信号灯が納まっているパネルの「位置」で色を判断しているが、一瞬でも注視する必要があるため、正常者が0.2秒に対し0.5秒かかるという報告がある³⁾。しかし本当の問題は、位置が判りにくい夜間と位置情報がない1灯点滅式である。このため判らないときにはとにかく止まることにしているため、後ろの車から追突されそうになる。周りを見て、他が動けば自分も同じように運転するというが、急ぐときは「都合の良い色」に解釈する傾向があるともいう。

これらの困難な状況に対して、色覚異常者は潜在需要がありながら対策も無かったため自ら声を上げてこなかった。そのなかで一部の有識者は、信号の色が判りにくくても免許は取れるゆるい現状に甘んじて、信号の色が見えにくいことを殊更知らせるユニバーサルデザインは無用な差別を助長すると主張した。さらに、行政には信号の色が判らない人は運転免許を取得できないはずだという基本スタンスがあり、メディアも色覚異常を誤解する極端な世論に振れることを危惧して、報道には慎重な姿勢をとる。当事者、行政、メディアの三すくみで「不都合な真実」を支え合う構図が見えてくる。

では本当に色覚異常が原因となった事故は起こっていないのだろうか？国際データではあるが、CIEの研究で色覚異常者は1.3倍の事故確率に遭遇すると報告がある⁴⁾。重大事故を起こした者への視機能検査事例研究を見ても、色覚異常が直接の原因となった事案は見られなかったという報告があったが、

受診拒否者が一部おり、この中に運転免許証を取り消されることを恐れた色覚異常者が含まれていたのではないかと推察された。結論として、1型2色覚やその他の中程度異常の者は運転には不向きであると示唆された⁵⁾。

実際に色覚異常が原因となった事故が仙台市で発生した。刑事訴訟が始まろうとするなか、当事者から今後同じような事故が発生しないようにとの願いから連絡を受け、一緒に現場を検証した。

この事案では、2014年6月の午前5時10分に早朝に限った点滅信号（閃光型）で、Fig.5に示す住宅街区から黄点滅で出てきたタクシー（A）が、街区を通過しようと赤点滅を黄点滅と見誤った色覚異常者（B）が運転する乗用車と激突し、タクシーの乗員と乗客2名が死亡した。色覚異常者は軽症。B方向はFig.6のように直線で見通しが良くやや下り坂で、昼間の交通量を観察する限り、地区の通過交通路線としての位置づけで交通量も多い。反面、A方向（Fig.7）は住宅街から抜け出るポイントにあり、当時はB方向が赤点滅でA方向が黄点滅であった。

本来だと赤点滅側は一旦停止のはずで、一定のルールに従えば事故は防げたはずであった。ただし交通量の多さと直線下り区間である点からB方向はスピードが出やすく、感覚的には黄点滅が適当であったかも知れないが、逆に赤点滅とされていたのが現実であった。

色覚異常を直接の事故理由として請求した事案はなぜか今までなかったようだ。そもそも色覚異常者は免許を取得できないものとされ、事故原因として争うようなことはしてこなかった。赤と黄が混同色であることをどう課題構築していくか、社会がもっと議論すべき問題である。不注意でもなく、思い込み以上の故意はなかったとする事故原因の是非に、いま初めて社会の目は注がれようとしている。

4. 逆石原コンセプト

近年、道路信号灯が電球式から省エネ、長寿命性能に優れるLEDに急ピッチで整備されている。太陽光の反射を受けて生じる疑似点灯の問題や逆光での見えにくさを解決する切り札ともされている。しかし、全国に300万人いるとされる色覚異常者からは、明るさや微妙な質感の差で区別がついていたのが、単波長光のLEDでは特に黄と赤の区別がつきにくくなったという問題が指摘された。

この問題に対して世界は放置していたわけではな



Fig. 5 点滅信号で色覚異常に起因した仙台市の事故現場



Fig. 6 事故現場の交差点：B方向



Fig. 7 事故現場の交差点：A方向

かった。Fig.8の代表例で示すように、例えば灯色ごとにそれぞれの形や大きさを変える方式はカナダで実施されたが、遠方から見ると違いが見えない。日本やアメリカで行われている明るさを変える方式では一定の普及を見せているが、ひとつずつしか点灯しない信号灯では必ずしも並び比較ができないため、確実性に欠ける。灯器の周囲を反射帯で囲んで、夜でも点灯した信号の位置が判るようにするオラン

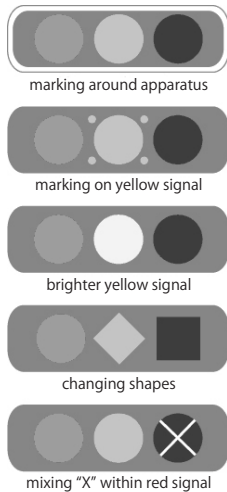


Fig. 8 各国で検討・試行された色覚異常対策

ダ方式は安価で実効性が高いが、日本のように雨や雪除けの庇が付くと見えにくくなる。さまざまな方式が試されたが、どれも決定打とはなり得ていない難問であった。

そこで、ユニバーサルデザイン方式という概念を持ち込んで、赤灯に×印を付けることで区別を提案したのが2004年のCIE北京大会のことであった。ユニバーサルデザインの分かりやすい例は、Fig.9に示すキッチンシンクのように、インフラの側で障害者に寄り添っていく姿勢である。

この考え方をユニバーサルデザイン信号灯のデザインに適用すると、最も重要な信号灯は赤であることから、赤灯のLEDパネルに黄と区別できる識別記号を仕掛けることとし、誰でも初めて見ても「生まれ」の意味と分かる「×」印を埋め込むこととした。このため、石原色覚検査表のしくみを逆転発想して、色覚異常者に見えるが、正常者には見えないピクトグラフを信号灯に描くという方法を開発目標に据え、これを「逆石原コンセプト」と名付けた。

5. ユニバーサルデザイン信号灯の最前線

5-1 フルカラー方式（第1世代）

5mm砲弾型のLED配列が点描で、同心円状に整列するため、ちょうど×印を描けるように間隔を調整した。赤と赤紫色はFig.10に示すように正常者にとっては類似色であるが、色覚異常者には下段のシミュレーションのように極端に異なる色相の組み合わせになって×印が浮き上がるように見える。この仕組みを国際照明委員会（CIE）の求める100mか



Fig. 9 車椅子利用時に高さが調整できるシンク

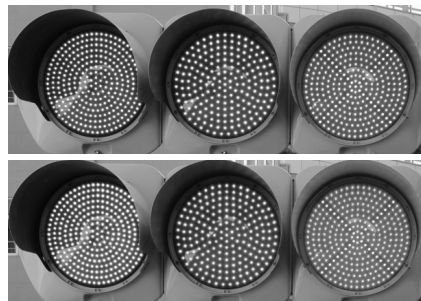


Fig. 10 正常者（上）と色覚異常者（下）の見え方比較（フルカラー方式LED）

らでも視認可能とするため、いろいろ試行錯誤するうちに、遠距離になればなるほど識別記号部分の×印が自然と暗転するのを色覚異常者が敏感に察知している事実を偶然発見した。色覚異常者だけが識別可能となる「明暗差」があった。これを赤色灯に施して、正常者にはその識別記号が見分けられない（見える必要がない）赤色信号灯を開発した。

そこでは「必要な情報が必要な人にだけ届く」をデザインゴールとした。さらに色覚異常者は青色の光に敏感であることも分かり、これらの知見を複合して、最適な青色の配色割合と明暗差を見つけるという開発方針が定まった⁶⁾。

関係行政からの理解が得られたため、福岡県警察本部、福岡ビジネス創造センターと共同して、福岡市アイランドシティ近くの片男佐橋交差点（Fig.11）に期間限定で2012年1月27日から3月30日の2カ月間社会実験を行った⁷⁾。

社会実験用に開発された赤灯の「×」部のLEDはRGBの3個のチップを搭載した改良フルカラータイプで、「×」部以外の赤色LEDは通常の信号灯用LEDを使用した。ただしフルカラーLEDと赤LEDは異なる配光分布を持つため、色度の探索に



Fig. 11 社会実験を行った福岡市東区片男佐橋交差点。アイランドシティの入口。島全体の設置を目指した。

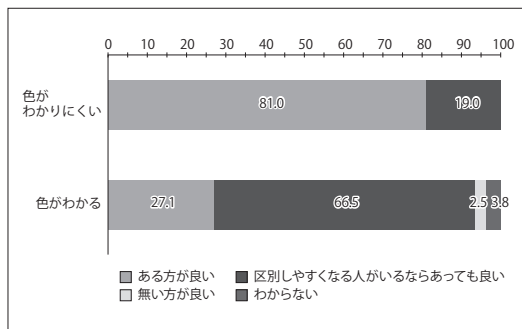


Fig. 12 色覚別の必要性認識

注：クラメールの連関係数=0.32、カイ二乗値=26.01、自由度=3、 $P < 0.01$ 。

は適していたが、社会実験のように現実の交差点で見ると、角度によって性能が極端に偏っていることが分かった。また、夜間には青色を強く感じるプルキンエ現象の影響を受け、×部の混色に使用した青色が全体に及んでピンク寄りの色調を帯びたため、いずれも改良を要することとなった。

アンケート調査は福岡市役所の協力を得て公民館配布とQRコードを通して回収した。正常者の93.6%の回答者からは、ユニバーサルデザイン方式の信号機に対して肯定的な意見が寄せられた。無い方が良い、の回答には「色覚異常者は運転すべきでない」などの意見があった (Fig.12)。

- ・「×」印がはっきり見えていても、赤だとわかるのなら構わないとさえ思うのに、必要な人にだけ必要な情報が届くのなら、なお一層良いと思います。実際に意識しないで信号を利用したら気がつかなかったのはすごいいいと思いました。
- ・非常に良い。国内標準にすべき。世の中が一步前進する感じがします。
- ・父がこの信号を「便利」と言っています。赤系の色が見えにくいので、父のような人が更に運転しやすくなると思います。
- ・考案された信号機は非常に判りやすく、日本をはじめとして世界各国で普及する事を期待しています。
- ・急いでいるときに赤か黄か判らないまま交差点に進入したことがあった。「×」が見えれば心理的な抑止効果になると思う。

5-2 並置方式 (第2世代)

社会実験で明らかとなった角度と夜間のプルキンエ現象の課題に対して改良を施すと共に、色覚異常者から強い要望が寄せられた「1灯点滅式信号灯の赤と黄が全く区別できない」という問題への対応を

重点的に行った。紫系の色度を発現させるのに、赤と青で同じ性格のLEDを並置混色して使用するアイデアを、信号機メーカーのコイト電工から提案を受けた。1灯点滅式信号機では黄側にも識別記号が必要となった。黄に青のLEDを混色させると「白色」となり、色覚異常者には目立つ配色となることに着目した。Fig.13に示すように、赤灯または黄灯の砲弾型5mmLEDに同じ配光分布を持つ青色の3mmLEDを並置し、赤に「×」印、黄に停止線をイメージした「-」印の識別記号を描いた。

5-3 2色発光方式 (第3世代)

並置方式では、数メートルまで近づくると本来の赤信号灯色とは異なる青色が目立つ欠点が指摘されたため、この2色を内部化した特殊なLEDを、日亜化学工業から規格外製品としてサンプル提供を受けた (Fig.14)。

主な改良点としては、識別記号を構成するLED内部で自然な混色発光が可能となり、正常者が見ても不自然感が無い。識別記号が直線形状を成すため、ピクトグラフとしての機能がより明解となった。Fig.15に示すように、同心円状の基本レイアウトと点密度のバランスが一層適切となって、近接しても図形を維持している。識別記号の線幅が一般矢印と同じで、昼夜間の見え方の差が従来型よりも少ない結果が得られた。

色覚異常者と正常者の視認実験を行い、計測距離は100m、75m、50m、25mのそれぞれで7段階評価を行った。Fig.16のレーダーチャートでは細い線でサンプルごとの視認評価結果が示され、太線がそれぞれの平均値を示す。見え方レベルは4を標準とし、色覚異常者 (白線) は各地点で4 (標準) ~ 6 (よく見える) を維持し、正常者 (黒線) は1 (全く見えない) ~ 2 (ほとんど見えない) を示して、白い線と

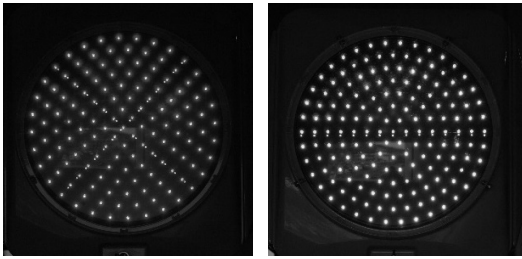


Fig. 13 5 mmと3 mmでピクトグラフを構成する1灯点滅式信号用の赤灯(左)と黄灯(右)

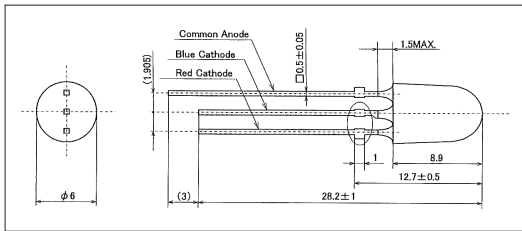


Fig. 14 2色発光型LED

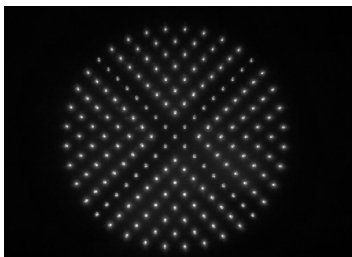


Fig. 15 2色発光型モデルで技術を集大成した完成形

黒い線の分布イメージが明確に異なっていることが見て取れた。当初から目標に設定したデザインゴールを達成した。2色発光型LEDを搭載する新型モデルは研究成果を集大成する究極の完成形となった。

5-4 次世代ハイパワー方式

LED技術の飛躍的な進展があったことにより、欧米などでは製造コストの安価な4個のハイパワーLEDを使用したタイプが主流になっている。このため100~200個の砲弾型LEDでは点描レイアウトであるが故に可能となっていた識別記号を描けない。従って全く新たな発想のもとに4個のハイパワーLEDでも「×」印が描けるようにコンセプト開発を行い、信号機専門メーカーや各種要素技術を保有する照明メーカー技術者等の知見を得ながら、さまざまなプロトタイプモデルの試作を行っている。

現在ではFig.17の青色光を投影する方式に焦点を当て視認性能の改良を行っている。これまで提案してきたユニバーサルデザイン方式の発展的な承継を図るうえでも実用化を期したい。

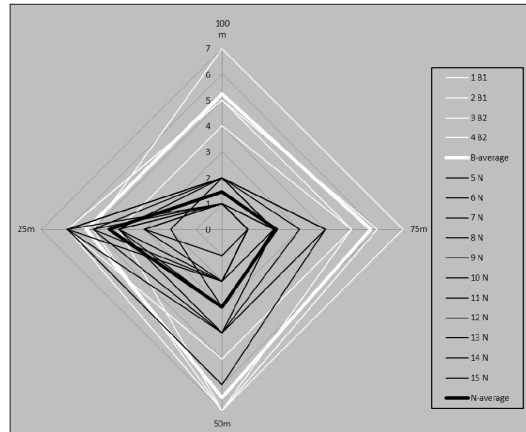


Fig. 16 色覚異常者と正常者の距離別視認度比較

注：白が色覚異常者(1型2色覚2名・2型2色覚2名)の見え方、黒が正常者の見え方。太線はそれぞれの平均値を表す。

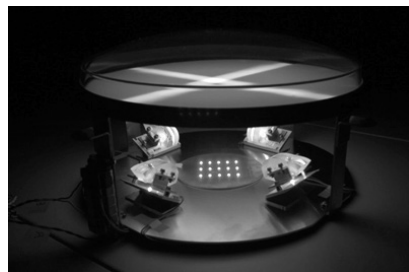


Fig. 17 次世代ハイパワー方式(青色光を放射して赤灯レンズ上に自然に混色)

6. 考察

遺伝学的には日本人男性の約3割が何らかの色覚に正常ではない因子が含まれ、色覚検査をすり抜けているという報告もある⁸⁾。色覚は本人にしか解り得ない固有の世界観であって、殊更正常か異常かという区別をつけることが問題ではない。ましてや優劣をつけるような問題でもない。生きていくうえで支障があるかないかを問題にすれば良いのだが、他人の生命と係わりを持つとなれば話が違う。個人だけの問題では片づけられない、難しい線引きが必要となる場合がある。

かつては医師も色覚異常で排除された。かすかな病変を見逃すなど重大なミスにつながる局面もあると考えられたが、現在では本人の自覚の問題と片づけられている。しかし航空パイロットは大量の人命を預かるため、現在でも色覚正常者のみが許される職業である。

さて自動車の運転も事故が起こると自分だけの問題では済まされないのは同じである。免許取得に際

しては色覚正常であることが要件であるが、検査そのものはさほど厳格ではないのも事実である。運転を職業とする人もいれば、過疎の土地で暮らすためには車無しでは生活できない人もいたためだと考えられるが、車社会には杓子定規に色覚異常を100%排除できない理由がある。

確かに異常2色覚は正常者との比較では識別可能な色数が少ないため、正常者目線では劣っているように見られるものの、生まれながらに同じ色彩観に不都合はない。しかし世間が色覚異常を劣性の属性と見る傾向は根強く、かつて「差別」となってさまざまな社会生活にまで影響を及ぼした記憶から、色覚異常者は運転免許証を取り上げられるかも知れないという警戒心を未だに抱く。

LEDに替わって信号機の色が見えにくくなったという問題は社会ニーズであるにも関わらず、色覚異常者は差別を恐れるがために、「寝た子を起こすな」と前向きな議論を阻み続けた。その結果、腫物に触るように「安全」の議論は曖昧のまま放置され、社会は不都合な真実を見過ごそうとしている。

一般に色覚異常者は普段の生活において、例えば「明るく見えるほうが黄色、暗く見えるほうが赤色」と習慣的に区別して不自由なく生活できている。3原色ではなく2色の混合として色彩が見えているという制約を克服するためには、「色相」とは別に「明度」による補完情報が重要であり、これは日常の必要性において経験的に獲得した能力でもあった。

しかし光源色の交差点では少しわけが違う。色覚異常者は青から黄、赤から青へ変わるときは判るが、「黄から赤」に変わる場合はその瞬間を捉える以外、気づかない。そこで、色彩と明度を形態に絡めたさりげない情報で必要な人にだけ届く信号機に仕上げることが、不都合な真実をも直視できる処方箋になることであろう。人を排除するだけでは必ず抜け道ができる。インフラが進化していかなければ、社会も進化しない。

色覚異常ならでは「強み」を活かすユニバーサルデザイン信号灯の概念は、現在、300mmのLED信号灯の国際基準を定めるCIEのTC4-46技術部会において最終ドラフトの検討に入っているが、その中に掲載されるべく詰めの段階にあり、国際投票を経てISOと共同出版される予定となっている。国内では諸学会からの招待講演やメディアからの問い合わせの機会が増えているため、ここに行けば実物が見られるという「常設展示場」的な交差点の実現を関

連機関に働きかけている。

確かに「安全」に関しては、個人の問題を超える社会全体で考える問題だ。仙台市で起きた事故は色覚異常が原因のひとつで起こったことだが、今までこうした問題が一度も公の場で議論されてこなかったということは何を物語るのだろうか。物事のわだかまりは全てを語り合い、理解し合うことで解決できることが多い。

2012年の社会実験から3年を経過した今、人々の記憶から消え去るのではなく、逆に、以前NHKニュースで見た信号機はどうなったのか、と聞かれることが増えてきた。この10年余、愚直に改良を重ねてきたが、いつの日か人々の公共安全に貢献したと実感してもらえる日が来ることを期待したい。

謝辞

一連の研究は科学研究費課題番号15650122、16300189、21500530、25282010と科学技術振興機構AS242Z03257Kの助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 落合太郎、王月「石原色覚検査表のしくみに関する研究」第56回日本産業・労働・交通眼科学会、2014年
- 2) Birch J.: Diagnosis of Defective Colour Vision, pp.24-29, Butterworth-Heinemann. Oxford, 2001. [second edition]
- 3) 市川宏「信号灯の色の見え方」『あたらしい眼科』Vol.2, No.8, pp.1089-1097, 1985年
- 4) CIE: International Recommendations for Colour Vision Requirements for Transport, Technical Report, Publication No.CIE 143-2001.
- 5) 市川宏、谷宏「色覚異常と自動車運転事故」『眼科臨床医報』Vol.63, No.6, 1969年
- 6) Ochiai, T.: Development Process of the Universal Design Traffic Signal in Compensating for Colour Deficiency, Bulletin of Japanese Society for the Science of Design, Vol.59, No.5, pp.17-26, 2013
- 7) 落合太郎「ユニバーサルデザイン信号灯の社会実験に関する考察」『デザイン学研究』Vol.60, No.4, pp.29-34, 2013年
- 8) 岡部正隆、伊藤啓「色覚の多様性と色覚バリアフリーなプレゼンテーション」『細胞工学』Vol.21, No.8, pp.909-930, 2002年