

## P型・D型色覚が信号機の視認性に与える影響

朝熊 翔一（早稲田大学大学院人間科学研究科）

### 1.はじめに

自動車運転時に活用される情報の90%は視覚に依存していると言われており(Hartman, 1970)、視覚から正しい情報を得ることが出来なければ、起こりうる危険に対して適切に対応できない。交通状況の把握を困難にする視覚的要因の一つとして色覚障害(以下、色弱)が挙げられる。色弱者の人数は日本人男性の約5%、日本人女性の約0.2%が該当すると言われており、合計すると日本国内に300万人を数えることになる。しかし道路標識の配色は色弱者が混乱しやすい配色が存在するなか、自動車免許取得の際に色覚検査を行っていない状況にある。色弱の名称は欠損した錐体の種類と数によって分類される(表1)。

表1. 色弱名称の分類(CUDO 2010)

CUDOの呼称	従来の呼称	眼科学会の呼称
C型色覚 一般色覚者	色覚正常	色覚正常
P型色覚	赤緑色盲	1型2色覚・3色覚
D型色覚	色弱者	2型2色覚・3色覚
T型色覚	黄青色盲	3型2色覚
A型色覚	全盲	1色覚

本論文においては、色弱者の分類をカラーユニバーサルデザイン機構(CUDO)の名称を用いて、L錐体の機能していない1型2色覚・3色覚をP(Protanope)型色覚、M錐体の機能していない2型2色覚・3色覚をD(Deutanope)型色覚として呼称している。

### 2.先行研究

色弱者の信号機の視認性を向上させる方法として点灯位置によって点灯色を判断させる研究が行われた。小磯・泉水・神戸・山口・磯野(2009)は、LED型交通信号灯の各点灯色下に白色LEDを設置して点灯色の視認性向上を提案した。日本の交通信号機は青、黄色、赤

の順に点灯する事がドライバーに周知されていることから点灯色にのみに頼らず、点灯色下の白色LEDの位置情報から判断させると方法を提案している。また、落合(2009)は、LED型交通信号機の赤点灯色のみに改良を施し視認性の向上を目指した。色弱者が黄色に判断しやすい赤信号灯内に×印を挿入して、黄色信号と区別を測る方法を提案した。色覚正常者と色弱者に×印が見えなく後退させ、その後印が見えるまで前進させる実験を行った。結果×印を紫色に設定した場合色覚正常者より1.5倍の距離から×印を判別できた。

### 3.目的

先行研究は、三灯式信号機(以下、三灯式)に対してのみで色弱者の信号機の視認性についての研究が行われている。しかし、交通信号機には交差点や合流地点に存在する一灯式信号機(以下、一灯式)も存在しており、それに関する研究は見いだせなかった。また主観的評価を用いて結果を導いているが、信号灯を正しく認識できているかまで検討されていない。本研究ではP型・D型色覚の強度が信号機の視認性に与える影響を調査して、改善案を提案する。実験1として、刺激画像で色弱強度を統制して信号機の視認性について調査を行う。実験2として実験1から判明した問題点の改善案を提案して、実用可能か評価する。

### 4.実験1

#### 4-1.方法

色弱の強度と種類が信号機の視認性に与える影響を調べるために実験を行った。色覚正常とP型色覚、色覚正常とD型色覚の間を10段階

に区切った画像を提示して、信号機の点灯色を回答させる実験を行った。刺激画像は、三灯式3色(青色、黄色、赤色)と一灯式2色(黄色、赤色)の設定とした。作成した画像を色覚シミュレーションソフト(TOYO INK製UDingシミュレーター)でP型・D型色覚に変換して、色覚正常での画像とレイヤーの不透明度を0~100%まで10%ずつ変化させて合成した。実験参加者は提示した刺激画像に表示されている信号灯に対応したボタンを押して反応するように求めた。1試行の流れを図1に示した。また色弱強度が強くなると点灯色が判断できない場合もあるので、正確に判断できないと思ったら画面が切り替わるまで反応しないように説明した。データは反応時間とボタン位置を取得した。実験参加者は普通自動車免許を所持する大学生および大学院生18名であった。実験参加者は「SPP標準色覚検査表 第3部検診用」を用いて色覚正常であることを確認した。

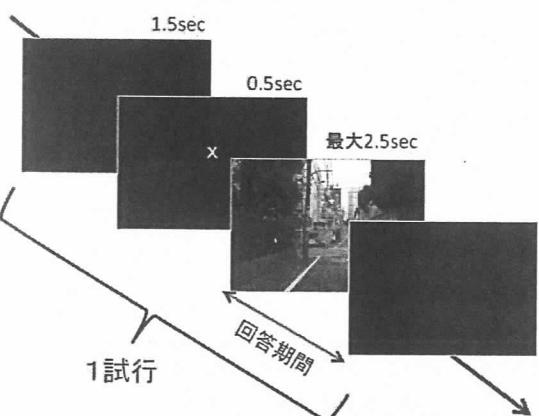


図1. 1試行の流れ(実験1)

#### 4-2.結果

色弱強度ごとの信号灯の正答率を図2と図3に示した。P型・D型ともに色弱強度が強くなるほど、一灯式赤信号の正答率は低下した。一灯式信号機の場合は位置情報から点灯色を判断できないため、P型・D型色覚では黄色よりも判断される傾向にあった。反応時間について赤信号は、P型・D型両色覚とも色弱強度の強さと反応時間の長さに有意な正の相関関係が見られた(P型一灯式赤信号  $r=.309, p<.01$ ; D

型一灯式赤信号  $r=.209, p<.05$ )。

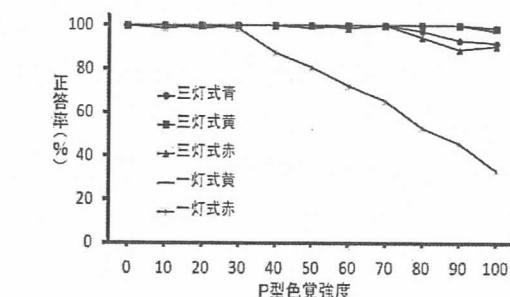


図2. P型色覚正答率

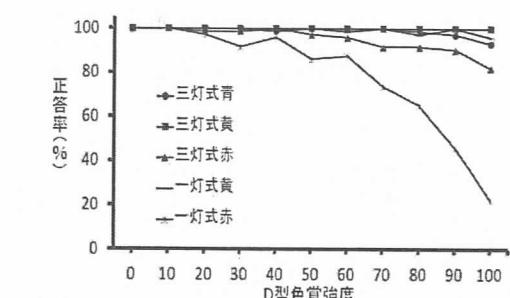


図3. D型色覚正答率

### 4-3.考察

赤信号の正答率についてP型・D型色覚とともに一灯式の正答率が三灯式の半分以下になる箇所があった。これは、信号灯の色分からなくても、点灯位置で判断することが可能であることが示唆された。黄色信号の正答率については、色弱強度に関わらず高い正答率を維持していた。これは、本研究では色覚正常者に色覚を変換した画像を見せて実験を行っていることが考えられる。そのため松尾・清水・片根(1968)が色弱者に信号灯を回答させた実験を行った際に、黄色を赤と誤回答するといった結果は見られなかった。しかし、考慮すべきは赤信号を黄色信号に間違える点にある。道路交通法によると黄色点滅は「歩行者及び車両等は、他の交通に注意して進行することができる」とあり、赤点滅は「車両等は、停止位置において一時停止しなければならないこと」と決められている。そのため、非優先を優先道路と誤り、危険よりの判断をとる可能性を高めていると言える。

## 5. 実験 2

### 5-1. 方法

実験 1 の結果から一灯式赤信号の対策が必要であること示唆されたため、実験 2 では一灯式信号機の視認性を高める実験を行う。一灯式信号機は点灯位置で判断できず、赤と黄色といった色弱者が混同しやすい色が存在している問題が存在している。そのため、点滅間隔を変化させて点滅間隔の早いか遅いかで点灯色を判断できないか検討する。提案で想定している一灯式信号機は交差点内に設置してあるものである。

刺激画像は、一灯式信号機 1 色（赤色）のみの設定として、2 つの条件で行った。条件 1 は 2 方向のうち一方を現在の点滅間隔のままにした。点滅間隔を変える方は現行の間隔(500 ms)から前後に 50 ms ずつに最大 250ms 変化させた刺激を使用した。条件 2 は 2 方向とも点滅間隔を変えた。一方を 550 ms から 50 ms ずつ増加させ最大 750ms、もう一方を 450 ms から 50 ms ずつ減少させ最少 250 ms のペアの刺激を実験に使用した。実験参加者は、指定の画像を提示後に、現れる刺激画像の点滅間隔が前者より「早い」か「遅い」かの判断するように求め、反応時間とボタン位置を取得した。使用した刺激一覧を表 4 に示した。

表 4. 実験 2 刺激一覧

条件1		条件2	
基準	刺激	基準	刺激
500	250	250	750
500	300	300	700
500	350	350	650
500	400	400	600
500	450	450	550
500	550	550	450
500	600	600	400
500	650	650	350
500	700	700	300
500	750	750	250

注. 単位ms

方法は、最初に基準点滅間隔を見た後に、刺激点滅間隔が早いか、遅いか、分からなかを

回答させた。1 試行あたりの流れを図 5 に示す。実験参加者は、普通自動車免許を所持する大学生および大学院生 10 名であった。

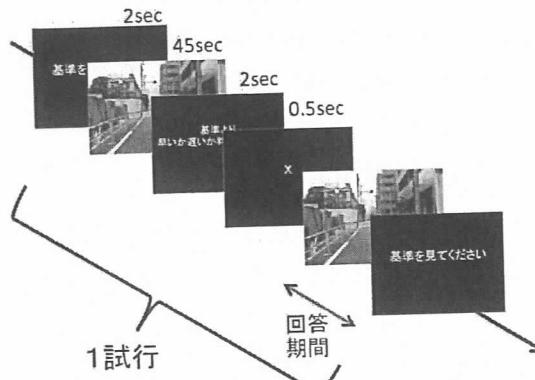


図 5. 1 試行の流れ (実験 2)

### 5-2. 結果

分析の際に条件 2 は、基準と刺激の値がペアになっているものを点滅間隔差として 1 つに分類して分析した（例：基準 250 ms と刺激 750 ms と、基準 750 ms と刺激 250 ms は点滅間隔差 500 ms とした）。条件 2 と条件 2 の正答率を図 6 と図 7 に示す。

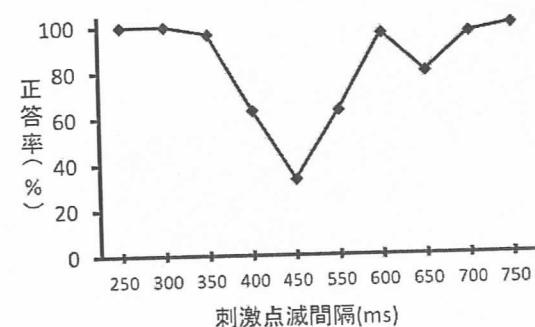


図 6. 条件 1 正答率

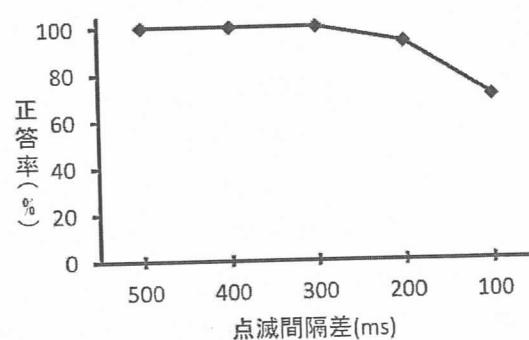


図 7. 条件 2 正答率

条件 1 では、基準と刺激の点滅速度差が前後 200 ms 以上で正答率 100 % になった。条件 2 では、変化させた 2 つの点滅間隔の差が 300 ms 以上で正答率 100 % になった。反応時間の分析には、正答率 80 % 以上の項目を使用した。条件 1 での反応時間について、点滅間隔を要因とした一要因分析をした結果、主効果が有意であった ( $F(6,54) = 14.330, p < .01$ )。Bonferroni 法を用いた多重比較により、点滅速度の段階的な反応時間の変化を検討した結果、300 ms と 350 ms の間に 5 % 水準で有意差が見られた。これ以降より点滅間隔が早い値との有意差は見られなかったため、点滅間隔は 300 ms 以下にすべきと考える。条件 2 においても同様に、点滅間隔の差を要因とした一要因分散分析を行った結果、主効果が有意であった ( $F(3,27) = 15.224, p < .01$ )。Bonferroni 法を用いた多重比較により点滅間隔の段階的な反応時間の変化を検討した結果、200 ms 差と 300 ms 差の間に 1 % 水準の有意差が見られた。したがって両側の点滅速度を変化させる場合 300 ms 差以上であるべきと考えられる。

### 5-3. 考察

実験 2 で提案した方法での最善案は条件 1 が 500 ms (現行のまま) と 300 ms、条件 2 が 300 ms 差 (650 ms 以上と 350 ms 以下のペア) であった。次に実際に交通環境においての実用性を考える。時速 40 km/h で走行している場合、1 秒に進む距離は 11 m で、制動距離は 22 m である。提案内容での平均反応時間の最小値は 1633 ms で最大値は 2001 ms であった。停止線までに停止するためには 38~44 m 手前で信号機を発見しなくてはならない計算であるが、この値は規定されている交差点から信号機の最少視認距離 (55 m) を下回っているため実用に耐える案である。

## 6. 結論

P 型色覚と D 型色覚が一灯式赤信号機の視認性に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。その対策として、一灯式赤信号機の点滅速度を変化させる案を提示した。提案内容は現在の点滅速度 (500 ms) と 300 ms 以下のペアか、2 方向の点滅間隔差が 300 ms 以上 (650 ms 以上と 350 ms 以下のペア) とした。

## 7. 今後の課題

実験 1 の結果で黄色信号を赤信号と回答する間違えは見られなかった。しかし、実際の P 型・D 型色覚者に実験を行った場合、このような誤回答を行う可能性は高いと考える。交差点内の一灯式信号機の場合、黄色信号を赤信号に間違えるのは安全よりの行動につながるもの今後検討する必要があると考える。

## 8. 引用文献

カラーユニバーサルデザイン機構：カラーユニバーサルデザイン, p8, ハート出版, 東京都 (2010)

Hartman,E. : Driver Vision Requirements., SAE Paper, 700392, p.629-630 (1970)  
小磯拓也・泉水利公・神戸俊・山口淳平・磯野春雄：色弱者に対する LED 信号機灯の見えやすさの検討, 社団法人映像情報メディア学会技術報告, 33(11), p.91-94 (2009)

Taro Ochiai : A Study for Developing Universal-Design Road Signal, デザイン学研究<日本デザイン学会研究発表大会概要集>, 56, p.164-165 (2009)

松尾治亘・清水金朗・片根寛子：色覚異常者と色光誤認, 眼科, 10(6), p.362-366 (1968)

## 9. 連絡先

朝熊翔一 1986-shoichi@moegi.waseda.jp