交通信号灯の色度範囲の色の見え方

准員 阿山みよし* 正会員 高橋 滯子** 片寄 隆正** 高須 陽介**

Apparent Hue of the Light Signal of Road Traffic Control

Miyoshi Ayama (Sub Member)

(Department of Information Processing, Tokyo Institute of Technology)

Mioko Takahashi (Member) Takamasa Katayose, Yosuke Takasu

(Laboratory of Psychology, Faculty of Literature Senshu University)

ABSTRACT

At a crossing in a road, we have often found that the go-signal called as a "blue signal" does not appear blue, sometimes they are rather green. Such an inconsistency of the designation with the apparent hue of the signal light is an undesirable visual environment. The recommended color boundaries in the chromaticity diagram for the light signals of road traffic control in Japan are considerably different from the CIE recommendation especially as concerns the "blue signal". The apparent hue of the lights in that "blue" region has never been evaluated quantitatively. We investigated the hue of those lights employing the color naming method for 3 subjects. The results showed that most of the lights are not blue, but greenish-blue or bluish-green. They are not psychophysically unique hues. The same method was used to evaluate the apparent hue of the "blue signal"s in the city road. Resulted responses pointed out that a variety of hues, from pure blue to yellowish-green, are existed. Because a blue light has some disadvantage for signal light considering the characteristics of our color visual systems, the green light and the term "green signal" should be most suitable for the traffic control signal.

1. はじめに

道路交通における視環境の改善は、道路交通網が著しく発達している現在のわが国において重要な課題である。特に信号灯あるいは標識については、ドライバーや歩行者の安全を確保し、道路交通を円滑に進める役目を担うものであり、視認性や誘目性を考慮して各種の規定が定められている。しかしわれわれに最もなじみの深い信号灯について、かなり以前から一つの問題が生じている。それは青信号*の色である。現在の青信号*は青というよりは緑に近いものが多い。ここで述べておくが、本研究においては以後「進め」を指示する信号灯を、その見かけの色にかかわらず青信号*と表記し、青色の信号という意味の青信号と区別することにする。しかし中には青に見えるものもあり、青信号*としてさまざまな色のものが混在している状態である。

わが国の車両用交通信号灯の色度範囲としては、図1の斜線で示されている範囲が交通管制施設協会によって勧告され、現在に至っている¹⁾。

一方、国際的には、CIEが陸上、海上および空の交通における

図1 道路交通信号灯の色度範囲

斜線部分：交通管制施設協会の勧告
ドット部分：CIEの勧告 (Pub. CIE No. 48)
破線は信号灯に関する CIE 勧告 (Pub. CIE No. 22) による境界線を示す。RとYの部分の拡大図を右上に示す。詳しくは本文参照のこと。

* 東京工業大学総合理工学研究科

** 専修大学文学部心理学研究室

信号灯に関して、1975年に図1の破線で囲まれた範囲を推奨している²⁾。R、G、YおよびWは、「主な色」である赤(Red)、緑(Green)、黄(Yellow)、および白(White)として定められた範囲である。最も一般的には、赤、緑および黄または白の3色方式を推奨し、3色以上必要な場合は、黄と白を識別できる色として、それらの4色方式を勧告している。図1においてBおよびVで示されている範囲は、青(Blue)と青紫(Violet)の推奨範囲であるが、これらの色は3色方式もしくは4色方式において、さらに多くの色を使用する場合に用いる補助的な信号色となっている。図1から明らかなようにわが国の青信号*の推奨範囲は、CIEの緑(Green)と一部分重なるだけで、青(Blue)の範囲とはまったく重なっておらず、信号色としては国際性のない色となっている。さらにCIEはこの勧告とは別に、1980年に道路交通における信号灯に関する勧告白を出している³⁾。信号色については、赤(Red)、緑(Green)、黄(Yellow)、および白(White)の4色にしばり、その推奨色度範囲は、色覚異常者の色識別能力を考慮して、1975年の勧告値に制限を加えたものである。図1においてドットを施した部分として示してある。赤(Red)と黄(Yellow)については範囲が狭く、わかりにくいので右上に拡大図を付け加えておいた。道路交通における信号色の国際勧告に青は含まれてないのである。

以上のように、現在の青信号*については青とはいえない色の灯火があること、さらに国際勧告から大きくずれた領域を、その推奨色度範囲としていることなどの問題がある。より良い視環境を整えていくためには、これらの点について改善が望まれるが、まず第一の問題に関して、現在の青信号*が何色に見えているのかを知ることが先決である。そこでわれわれは青信号*の推奨色度範囲における色光が、どのような色に見えるのかを、カラーネーミング法によって定量的に測定し、さらに実際の信号灯に対しても同様の手法を用いて青信号*の色を評価したので、ここに報告する。

2. 実験

2.1 カラーネーミング法

本研究においては、被験者にある色光を与え、それが何色に見えるかについての応答を求めるのであるが、その際に被験者にあまり自由な表現を許すと定量的な分析ができなくなる。そこでわれわれは、以下に述べるようなカラーネーミング法と呼ばれる手法を用いた。

被験者には、心理物理学においてユニーク色といわれる赤、黄、緑および青の四つの色名を与え、ある刺激光に対してこれらの中から一つまたは二つの色名を答えるよう指示する。二つの色名を答える場合には、それらの色相の知覚的な比率を、合計が10になるように各々に割り当てて答えるよう指示する。被験者は、刺激光がたとえばわずかに青みがかった緑と感じたのであれば「青2緑8」と応答する。また混じり気のない青に見えた場合は「青10」と応答するのである。ただしこの際に彩度に関しては何らの評価も与えない。このカラーネーミング法は、実験が簡単であり、被験者にとっても色相の比率を決める判断はそうむずかしいので、色の見え方を測定する際には有効な手段として、心理物理学においてはしばしば用いられている。この手法を、注目している色度範囲内のいくつかの刺激光に対して何回か繰り返すことにより、その範囲の色の見え方の変化を定量的に表わすこ

とが可能となる。

ただし、注意しなくてはならないことは、得られた数値はあくまでもある刺激光における二つの色相の比率である。

2.2 実験装置および実験手順

今回採用した刺激視野は左右に分割された二分視野である。右側は予備実験として行なった明るさマッチングに使用した基準白色光であり、左側がテスト光である。視野の大きさは直径が視角1.7°である。実験装置は3光路マックスウェル視光学系で、光源には300 Wのハロゲンランプを用いた。干渉フィルタによって得られた二つの単色光 λ_1 および λ_2 を適当に混色して、テスト光を作る。被験者は、手元のスイッチにより光学くさびを動かすことができ、 λ_1 と λ_2 の混色光を色度座標を一定に保ちながらその明るさを調節することが可能である。テスト光の明るさをそろえるための予備実験においてはこれを用いる。呈示持続時間は電磁シャッターにより制御されている。

次にカラーネーミングの実験について説明する。採用したテスト光は、図1の斜線部分を十分にカバーする領域の色度座標を有する色光39個である。被験者には2.1で述べたように与えられたテスト光に対して、その中に感じられるユニーク色の混合比を口頭で応答するように指示する。中心固視で、色順応を妨ぐために2秒間呈示、3秒間休止の呈示条件とした。被験者が応答するまでこの周期で繰り返し呈示される。各テスト光について網膜照度270 tdの基準白色光と明るさマッチングを行ない、明るさのレベルを一定とした。15分間の暗順応後、テスト光だけをさきに述べた呈示条件で呈示し、2.1において説明したカラーネーミングを行なう。各テスト光をランダムに呈示し、全セッションを通じては各々5回ずつ応答をとった。被験者は色覚正常の男子大学生3名である。

次に、実際に道路に設置されている信号灯を観察し、2.1に述べたカラーネーミングを行なった。快晴の日に信号灯までの距離約20 mの位置で信号灯を正面から観察した。被験者は上述の実験と同じ3名である。場所は小田急向ヶ丘遊園駅の北口、登戸商店街および登戸から生田にかけての世田谷街道で、時刻は午前11時から正午にかけてである。

3. 結果

色光に対するカラーネーミングの結果を、被験者ごとに図2の(a)、(b)、(c)に示す。B、G、YおよびRは、それぞれ青、緑、黄および赤の応答を表わし、数値は各々の全セッションにおける合計点である。各テスト光について5回ずつ測定したので合計点は50点となる。二つの色相の比を答える際に、色の組み合わせに関して制限はつけられていないが、各被験者ともその応答のなかに黄と青、または赤と緑を組み合わせた応答は現われなかった。

しかし、全セッションを通じては、たとえば「青2、緑44、黄4」というように3種の応答が現われるテスト光も存在した。このなかで黄と青は互いに補色の一組であり、心理物理学でいう反対色である。反対色とは、ユニーク色の4色の中で、ある刺激において同時に感じられることのない2色のことをいう。黄と青および赤と緑がそれである。

さて、例にあげたテスト光の場合には、純粋な緑に近い色光なので、黄みもしくは青みはわずかしき感じられない。そこで、黄みおよび青みに関する判断基準にセッション間誤差が現われ、5セ

図2 カラーネーミングの結果
(a) 被験者 TK, (b) 被験者 YT, (c) 被験者 YS

ッションの合計点として、さきのような結果が生じたと考えられる。このテスト光の平均的な色の見え方として、以上のような考え方を基にして、次のような操作を施す。

すなわち、黄と青は同一刺激に共存することのない反対色であるから、大きい値から小さい値を引いて「緑44, 黄2」とし、さらにここではそのテスト光における二つの色相の比率が問題になるので、全体が50になるように換算して「緑47.8, 黄2.2」とした。図2の(a)の被験者 TK に見られる小数は、そのような修正を施したものである。実線はその線上のテスト光を作った二つの単色光を結んだものである。図2には、全測定点のうち図1における斜線部分を中心にして、青と緑の応答が得られたものと、それらに近接するテスト光、被験者 TK では22個、YT では18個、YS では23個の測定点を記した。青信号* の色の見え方に注目しているので、青と緑の応答の変化が最も重要だからである。3人の被験者ともに、色度座標上で下方にある点では青と赤または青

だけの応答であるが、 y 座標が大きくなるに従って緑が現われ、青と緑の比が逆転し、ついには黄の応答が現われるという傾向である。あるテスト光における青と緑の数値は、それら2色の感覚的な混合比を表わしている。すなわち、そのテスト光の色相を表わすと考えることができ、青と緑の数値の変化は色相の変化に対応していることになる。しかし数値ではその変化の様子がわかりにくい。そこで、図3(a)には被験者 TK の 477 nm と 522 nm を結ぶ直線上の、図3(b)には被験者 YT の 477 nm と 541.5 nm を結ぶ直線上の、色度座標の変化に伴う青と緑の応答の変化を示した。横軸第一行目がテスト光の x 座標で、第二行目が y 座標である。図3(a), (b)ともに 477 nm から離れるに従って、テスト光の色相が青から青緑、緑、さらに黄緑と変化しているのが良くわかる。他にも 477 nm と 499 nm, 522 nm, 541.5 nm および 558 nm を結ぶ実線上では図3と同様の結果が得られた。

そこで、青信号* の色度範囲における色相の変化の様子を系統的に見るために次のような操作をした。青、緑がある一定の比率、たとえば青：緑=8：2に相当する点を、図3(a), (b)に示したように線形補間で求める。それらの比率一定の点の間になめらかに線を引けば、それは等色相線とみなすことができる。同様に青：緑=5：5および3：7の等色相線を引き、被験者ごとに図4(a), (b), (c)に示した。Yellowish と記されている点線は、黄の応答が現われ始めたテスト光の間をなめらかに引いた線である。純粋な緑はこの点線と3：7の等色相線の間に存在する。被験者 YS における Reddish と記されている点線は、赤の応答が現われたテスト光を結んだもので、純粋な青すなわち10：0の等色相線に相当する領域は、この点線と8：2の等色相線の間に存在する。青信号* の色度範囲を細い実線で示しておく。

被験者 TK においては青：緑=5：5の等色相線が、青信号* の範囲の上部に位置しているので、この範囲の色光はほとんどが「緑みの青」に見えている。ただし、10：0の等色相線の近傍では「青」に見える。被験者 YT の場合は5：5の等色相線が青信号* の範囲のほぼ中央に位置しており、10：0の等色相線はほとんどこの範囲にはいない。したがって、「緑みの青」もしくは「青みの緑」に見える。この範囲の色光で「青」に見えることはない。被験者 YS についても等色相線の形状は異なるが、被験者 YT と同じく、青信号* の範囲の色光は「緑みの青」が「青みの緑」に見えていることがわかる。

以上のように被験者によって等色相線の位置は異なるが、3人とも青信号* の推奨範囲の色光は、青と緑が混在した色に見えて

図3 カラーネーミングの結果
(a) 477~522 nm を結ぶ線上での青 (Blue) と緑 (Green) の変化 (被験者 TK)
(b) 477~541.5 nm を結ぶ線上での青 (Blue) と緑 (Green) の変化 (被験者 YT)

図4 交通信号灯の色度範囲における等色相線
(a) 被験者 TK, (b) 被験者 YT, (c) 被験者 YS

いることが明らかにされた。Kelly⁴⁾による色度図における色名の区分図と比較しても、青信号*の推奨範囲は「青みの緑」、「青緑」および「緑みの青」の領域をほぼカバーする範囲であり、われわれの結果と一致している。このような色に最も適当な色名は、有彩色の基本色名**からいえば「青緑」であり、青信号*という呼称とは一致しない。

スペクトル軌跡内部の色度座標を有する刺激光に対して、カラーネーミングを行なった実験は、Halsey⁵⁾によって報告されている。Halseyは刺激光に対して与えられた六つの色名の中から一つ選ぶという手法を用い、100人の被験者の応答を合計して緑、青、紫、および白の領域を決定した。しかしCIEの青と緑の信号灯の色度範囲内の測定点は約1/3で、他は純度の低い白色に近い色度座標を有する刺激光を用いている。本研究の測定範囲と重なる部分に限られるが、彼女の結果は、被験者YTの8:2と10:0の等色相線の間の領域を青、それより上の領域を緑としており、本研究の結果とは必ずしも一致しているとはいえない。これはカラーネーミングの手法が異なること、また1人の被験者についての色の見え方の変化を測定したのと、100人の応答の合計結果であるという相違に基づくものと考えられる。

図5 実際の信号灯に対するカラーネーミングの結果

青信号*の推奨色度範囲の色光は青緑に見えることが示された。では実際の道路における青信号*はどのように見えているのだろうか。図5に信号灯に対するカラーネーミング実験の結果を示す。横軸は出現した応答の種類で、縦軸はその応答の回数を被験者ごとに印を変えて表わしている。どの応答が多いかという分布については測定回数が十分でないで、ここでは検討しない。しかし出現した応答の種類の多さは注目に値する。純粋な青

に見える場合から、かなり黄みの多い緑とみなせる緑：黄=6:4という応答まである。当然のことながら、屋外での測定のため観察条件は一定にはできない。しかし観察時刻は午前11時から正午までであり、この範囲内では観察条件を主に左右する太陽光の変化は少ないと考えられるので、観察条件の違いだけによって、図5に見られるような応答の多様性が現われるとは考えにくい。測定した地域に限られるが、青信号*の灯火の色が統一されていないことをはっきり指摘した結果といえよう。

4. 結 論

本研究で明らかにされたが、わが国の青信号*の推奨範囲は「青緑」に見える領域に設定されている。もともと信号灯は、その灯火の色によって各々の指示を行なうのであるから、われわれにとってその色の概念が明確な色が望ましい信号色といえよう。このような観点からすれば、本研究のカラーネーミングで用いた赤、黄、緑および青の4色は心理物理学というユニーク色、すなわち混じり気のない色、純粋な色と感ずる色相で、これらは信号色として適している。信号灯の推奨色度範囲として、青緑のようなユニーク色でない色に見える領域は、ふさわしいとはいえない。また、実際には青や緑および黄緑の青信号*が存在している。少なくとも青色か緑色に統一すべきであろう。

青信号*という呼称を存続させるのであれば、青色の信号になるわけだが、以下に述べるように簡単には考えることができない。青色の光は、人間の比視感度が青の波長領域で低いので、高輝度の色光を得る効率が悪い。また解像力も悪いのでぼけて見えやすい。さらに信号灯に使う青色フィルタは、スペクトルの長波長端の赤領域にも高い透過率を有するものが多く、眼球の色収差によって青に囲まれた赤色光に見えてしまうことなど、信号色として不適当な特性をいくつか備えている色なのである。CIEではこれらの理由から青を補助的な色とし、信号の「主色」からはずしたのである。青色の信号はユニーク色であるのはよいが、上述のようにさまざまな欠点を持ち過ぎている。

もう一つの意見としては、推奨色度範囲を図1のドットで示されている。CIEの緑の領域に準ずるものにし、「緑信号」と改称することが考えられる。人間の比視感度は緑色光に対して最も高いので、効率良く高輝度の灯火を作ることが可能であり、解像力も青ほど悪くない。国際性も満足される。「進行」を表示するための基本色は緑というJISの安全色光通則***とも一致する。緑信号

** JIS Z 8102 4.1 有彩色の基本色名および4.2 色相名、色相の相互関係。

*** JISZ 9104 3.3 緑。

にとって不利な点は、われわれの色覚特性を心理物理的に考慮する立場から見ればほとんどないようである。

もともとわが国には、たとえば新緑を「青葉」と表わすように青という色名をかなり広い色相に対して用いる習慣がある。しかし青緑や黄緑の灯火に対して、青信号* という呼称を通用させている現状を積極的に支持する習慣であるとは考えられない。信号灯火の見えの色とその呼称の色名は一致しているべきである。

本研究においては、近年問題になっている青信号* の色について、その推奨色度範囲は青緑に見えていることを実験により明らかにし、また青信号* の色が統一されていないことを指摘した。

最後に本研究に当たり、終始適切なご助言をいただいた東京工業大学の池田光男教授、実験に際して多大のご協力をいただいた専修大学の山上精次助教授、および心理学コースの諸君に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 小山, 正木, 稲垣: 照学誌 **64** (昭55) 315
- (2) Publication CIE No. 2.2 (TC-1.6) 1975
- (3) Publication CIE No. 48 (TC-1.6) 1980
- (4) Kelly, K. L.: J. Opt. Soc. Am. **33** (1943) 627
- (5) Halsey, R. M.: J. Opt. Soc. Am. **49** (1959) 45

(受付1982年1月30日)

新 刊 紹 介

JIS 使い方シリーズ 照度基準と照明設計のポイント

編集委員長 池田 栄一

発行所 日本規格協会

発行日 昭和57年2月26日

大きさ A 5判 247ページ

定 価 2,800 円

JIS 使い方シリーズは、各種の JIS についてすでに20冊以上刊行されている。

照度基準と照明設計のポイントは、委員会組織でまとめたもので、編集委員会のメンバー（敬称略）は次のとおりである。

石坂 信一	松下電工株式会社企画開発部副部長
伊東 孝	照明学会嘱託, 東芝電材株式会社嘱託
大谷 義彦	日本大学生産工学部電気工学科助教授
笠間 勝	岩崎電気株式会社技術課課長
田中 民雄	三菱電機株式会社製作所照明器製造部施設照明技術課課長
田淵 義彦	松下電工株式会社照明中央LAB課長
藤原 靖郎	日立照明株式会社技師長
松田宗太郎	松下電工株式会社東京エンジニアリングセンター照明技術主幹

の諸氏で、それぞれ照明界の一人者である。とくに松田委員は JIS 照度基準の作製にあたり幹事役を勤め、本書の取りまとめにも幹事として活躍された由である。

目次は、

1. 照度基準の性格, 2. 明視の科学, 3. 3 照明設計及び照明計算, 4. 照明装置, 5. 省エネルギーへの配慮, 6. 工場照明, 7. 事務所照明, 8. 防災照明, 9. 保守管理, JIS Z9110照度基準 (1979), 照明関係 JIS 一覧表, SI 単位への切換えで問題になる単位の換算率表, 索引である。

国際単位系 (SI) は、日本工業標準調査会標準会議で昭和47年, JIS への導入が決定されたが、本書は従来の単位系を用いているので、SI 単位への切り換えの換算率表を参照するようになっている。照明装置では省エネルギー形ランプ、安定器、工場照明では照明経済、事務所照明では反射グレアと ESI (等価球面照度)、防災照明を要領よくまとめている。

本書は照明工学への入門書として、また工場経営者および設計事務所の担当者のかたがたの参考になる点が多いので、広く関係者におすすめする次第である。(専門会員 小堀富次雄)