

色差は形状と文字の視認性に影響するか

Does Color Difference Affect Visibility of Shape and Letters?

橋本 悠那

Yuna HASHIMOTO

(日本女子大学大学院人間社会研究科 心理学専攻博士前期)

要約

視認性へ影響をもたらす要因の一つはターゲット色と背景色との輝度差である。本研究では、輝度差を固定し色差のみで定義した二色配色での視認性について検討した。実験の結果、主に背景色とターゲット色が類似しており、かつ背景色とターゲット色が共に寒色である時に反応時間が低下した。また反対色同士である黄緑と紫においても反応は遅かった。この点から、寒色による配色では弁別が困難になったりリープマン効果が生じたりすることが示唆され、それらが視認性に影響した可能性がある。一方で、背景色が茶色やベージュの場合はターゲット色の種類によらず反応時間に差はなかったことから、そうした配色は視認性を高める効用があると言える。

[Abstract]

One of the factors that affect visibility of the target color is the difference in brightness from the background color. The purpose of this study was to examine the visibility in a color pair in which the brightness difference was fixed and defined only by the color difference. We found that the reaction time decreased when the background color was similar to the target color. This tendency was especially seen when both the background color and the target color were cold colors. The reaction time was also slow in the opponent color pairs such as yellow-green and purple. This result indicates that the color pairs using cold colors makes discrimination difficult and causes the Liebmman effect. On the other hand, when the background color was brown or beige, there was no difference in reaction time regardless of the type of target color. This suggests that such a color pair has the effect of enhancing visibility.

はじめに

本研究では二色配色における色の視認性についての検討を行う。我々は日常的に様々な色に囲まれて生活している。このとき色の見えやすさは重要な効用であり、視認性は色の見えやすさの基本形であると言える。鑑沢・井上(1983)や楨ら(2005)の研究では単色背景にテキストを呈示し、その背景色と文字色を変化させることで背景と文字の色の違いによる可読性を検討しており、視認性を高める要因として背景色と図色の輝度差を挙げている。他に齋藤ら(2005)は、視認性は明度差に依存するが、色度、彩度の影響も無視できないとしている。つまり、視認性の高低に関する第一条件は背景との明度差、すなわち輝度差であり、色差は補助的に使われると考えられる。とはいえ、単純に輝度差をつければ良いとは言えず、輝度が近い色を組み合わせたデザインをする際に少しでも目に留まるような配色を考えるなら、等輝度における色差の効果も考慮されるべ

きである。

また先述の先行研究はテキストを呈示する実験であったが、本研究では瞬時の形状判断時における色差の影響を調査する。というのも、標識や看板の種類によっては図やロゴマークだけが書かれているものも多く、それらの違いを瞬時に見分ける、距離のある所から判断するといった作業は困難になる。色によって視認性を高めることは、そのような文字情報がなく形状のみの判断を行う際にも必要なことであると考ええる。

本研究では等輝度刺激を用いることにより、色相の違いが形状判断時の視認性に対してどのような影響を及ぼすのかについて検討したい。等輝度刺激としては、実験1においては視力検査に用いるランドルト環、実験2では道路標識(文字)を用いることとする。

実験1

方法

実験参加者

女子大学生10名が実験に参加した。

装置

刺激画像の呈示にはノートパソコン(EndeavorNJ3700, EPSON社)を用いた。実験制御には心理実験用ソフトウェアSurperLab 5.0(Cedrus社)を用いた。

視覚刺激

刺激には向き(左右)が異なるランドルト環をターゲットとして単色背景の中心に配置した画像を用いた。背景色およびターゲット色は12色を設定し、二色配色132パターン×ランドルト環の向き2パターンの計264枚の刺激を使用した。背景とランドルト環の色相のみを変えており、明度と彩度は変えていない。また、色残効による効果を打ち消すためにモザイク画像を計4枚用意した。

表色系の選択

ここで設定した12色に関して、明度と彩度を固定し色差(色相差)のみによる実験を行うために $L^*a^*b^*$ 空間から、 $(a, *b^*)$ がなす角度が30度刻みの等間隔になるような12色を選択した。その際 L^* (明度)を80, C^* (彩度)を25でそれぞれ固定した。それらの $L^*a^*b^*$ 値(L^* は固定)から xyY 値を算出した。その値を図1に示す。

手続き

実験参加者はコンピューターの

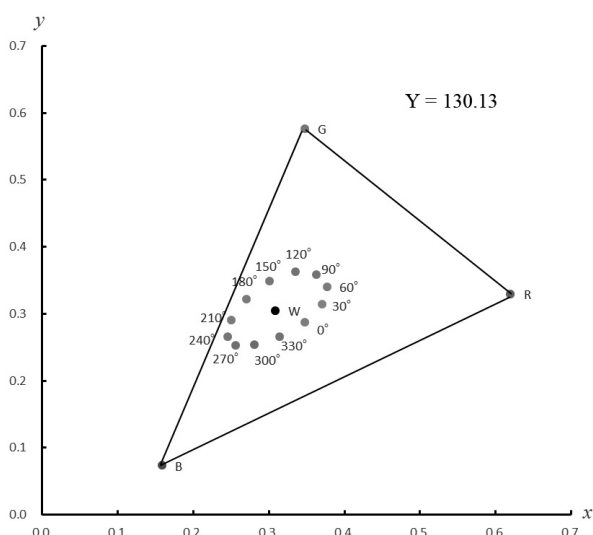


図1 実験で使用した xy 値

ディスプレイ上で呈示されたランドルト環の向きを弁別する課題を行った。弁別に要した時間を反応時間として記録した。一試行の流れは、まず実験参加者がキーボードのボタンを押すとディスプレイ中心に凝視点「+」が500ミリ秒呈示された。その後ランドルト環が呈示された。そのランドルト環の向きが左の場合は「F」キー、右の場合は「J」キーをできるだけ早く、かつ正確に押した。2試行目以降は各試行間に4種類のモザイク画像がランダムに500ミリ秒呈示された。

実験は264枚の刺激画像すべてがランダムに呈示され、計264試行実施した。このとき20試行毎に30秒以上の休憩時間を設けた。また、参加者は練習試行(白背景×黒, 赤, 緑, 青, 黄ターゲット)を10試行行った。得られた反応時間を視認性として、それぞれの刺激に対する平均反応時間と標準誤差を算出した。その際、誤答と外れ値は除外した。

結果

実験の結果、背景色が60, 90, 330度ときどのターゲット色でも反応時間に大きな違いはみられず、色差に関係なく反応が速い傾向があった。一方で背景色が0, 30, 120, 150, 180, 210, 240, 270度といったほとんどの場合において、背景色とターゲット色の色差が30°もしくは330°差である最近接色配色のとき反応時間が低下する傾向がみられた。この傾向は210度と240度が背景色であるとき顕著にあらわれた。また最近接色同士の配色で反応時間が低下したものの中でも、色差が大きくなるにつれて反応が速くなりU字型のグラフを示した配色と、色差が大きい場合に色差が小さい場合と同様に反応が遅くなりW字型のようなグラフになる配色があった。

以上の傾向を図2にまとめた。ここから、やはりU字型になるものと、180°差でも反応時間が低下しW字型になるものがあることがみてとれる。ここで示したW字型となる120度と300度はちょうど180°差であるため、この2色の配色で反応が遅くなったと言える。

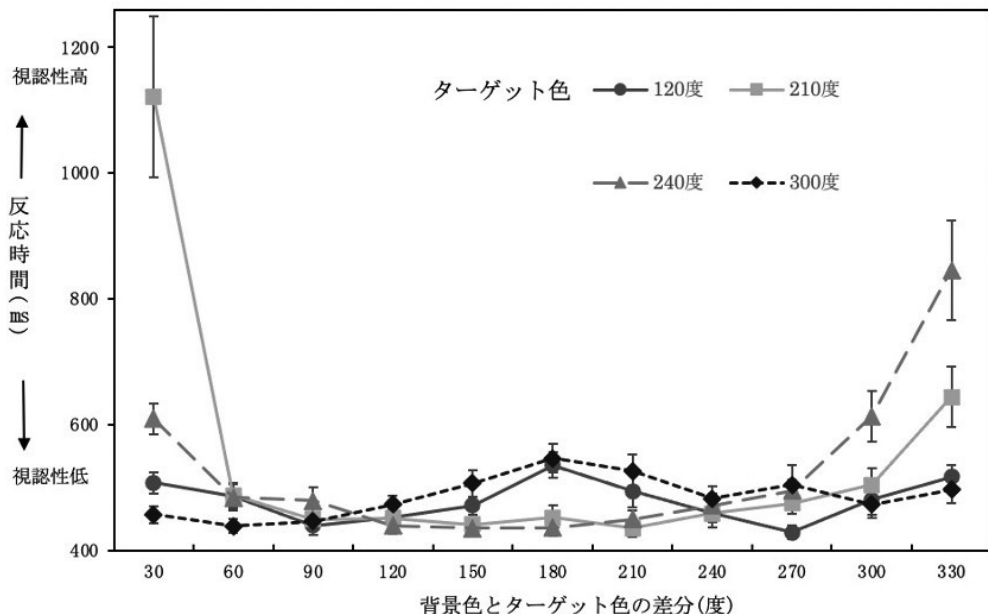


図2 背景色毎における平均反応時間。横軸は二色配色における2色の角度の差分を表している。誤差棒は標準誤差を示す。

ここで得られた結果について以下にまとめる。

- (1) 主に背景色とターゲット色が類似しており、かつ0度(赤) - 30度(オレンジ)の配色の場合、もしくは背景色とターゲット色が共に寒色の場合には反応が遅い。
- (2) 120度(黄緑) - 300度(紫)のペアの場合には、反対色(180°差)同士だが、類似色との配色と同様に反応が遅い。
- (3) 背景色が60度(茶色)、90度(ベージュ)、330度(赤紫)の場合はターゲット色の種類によらず反応が速い。

これらの傾向を調べるために、各背景色において、得られた全データのうち誤答と外れ値を除いたデータに対して一要因分散分析(繰返しあり)を行った。その結果、背景色0、30、120、180、210、240、270度のとき背景色に対するターゲット色の主効果は有意水準5%で有意であった($F_s(10,90) \geq 2.08, ps < .03$)。一方で、背景色90度と60度の時は、ターゲット色の主効果は有意ではなかった。したがって背景色0、30、120、150、180、210、240、270、300、330度では配色パターンの違いによって反応時間に差があるが、背景色60度、90度では反応時間に違いは生じないといえる。

つづいて、ターゲット色の主効果が有意となった条件において多重比較(Sidak法)を行った。その結果、背景色0度の場合にはターゲット色30度が他の全ターゲット色よりも有意に低下した($t_s(90) \geq 5.61$, 調整 $ps < .0001$)。背景色30度の場合にはターゲット色0度が他の全ターゲット色よりも有意に反応時間が低下した($t_s(90) \geq 7.05$, 調整 $ps < .0001$)。また背景色180度の場合、ターゲット色210度が0、60、120、330度よりも有意に反応時間が低下し($t_s(90) \geq 3.57$, 調整 $ps < .04$)、ターゲット色240度が0、30、60、90、120、150、270、300、330度よりも有意に反応時間が低くなった($t_s(90) \geq 3.95$, 調整 $ps < .0001$)。背景色210度の場合に反応時間の差が有意となったのは、ターゲット色180度と0、60、240、300、330度($t_s(90) \geq 3.45$, 調整 $ps < .04$)、240度と他のすべてのターゲット色だった($t_s(90) \geq 9.63$, 調整 $ps < .0001$)。背景色240度の場合、ターゲット色210度が他のすべてのターゲット色よりも有意に反応が速くなった($t_s(90) \geq 5.08$, 調整 $ps < .0001$)。背景色270度の場合、ターゲット色180度に対して0、30、60、90、120、150、300、330度の間で反応時間の差が有意となり($t_s(90) \geq 3.50$, 調整 $ps < .04$)、240度に対して0、30、60、90、120度も有意差が得られた($t_s(90) \geq 3.43$, 調整 $ps < .05$)。以上のことから0度 - 30度の配色パターンと他の配色パターンの間には反応時間に差があったといえる。加えて180、210、240、270度といった寒色同士の配色パターンでは特に反応が遅くなった。

さらに背景色120度時の多重比較の結果、ターゲット色300度と0、30、210、240度の間で反応時間の差が有意となった($t_s(90) \geq 3.75$, 調整 $ps < .02$)。背景色300度ではターゲット色120度が0、30、330度よりも有意に反応時間が低下した($t_s(90) \geq 3.63$, 調整 $ps < .004$)。すなわち120度 - 300度の配色パターンは他の配色パターンと比べて反応が遅くなることのあるといえる。背景色とターゲット色の角度差180度である反対色で有意に反応が遅くなることのあるペアはこの2色のみだった。ほかに背景色が90度と330度の場合には多重比較の結果有意となる配色パターンペアは無かったため、それらの色が背景色であるとき統計的にも配色パターン間の違いはなかった。

考察

結果から第一に、類似した色、特に角度が隣り合った最近接色同士の二色配色は反応が遅く視認性が低くなることがわかった。なかでも緑～青といった寒色系の色同士、特に210度と240度の配色においてこの特徴は顕著であり、統計的にも有意に反応時間の低下がみられたことから、等輝度のとき寒色を組み合わせた配色はより視認性が低いといえるだろう。そして210度と240度ほどではないが、0度と30度の配色でも他の色と組み合わせたパターンより反応が有意に遅くなるため視認性が低いと言える。しかも0度に対して30度と同じく隣り合っている0度 - 330度の配色や、同様に30度と隣り合う30度 - 60度の配色では有意な差はみられなかった。加えて、黄色や茶色に見えるあたりでは近い色も離れた色との配色と変わらず反応が速くなったことから、単純に暖色同士だと視認性が低いとは言い切れない。

では、何故これらの現象が生じたのだろうか。互いに類似した色による配色が見づらくなることは見た目からも分かることなので想像に難くないが、寒色同士の配色パターンの視認性が特に低くなったことは色相の弁別閾が関係していると思われる。例えば、黄赤に見えているあたりでは波長差が小さくても色の違いを感じ取れるが、青や赤に見えるあたりの波長では波長差が大きくないと色の違いを感じ取れない(近江, 2003)。色相の弁別閾に関するその他の知見としてはマックアダムスの偏差楕円がある。この図ではxy色度図上に書かれた楕円が弁別閾を表しており、楕円の大きさは座標上の位置によって大きく変わる。これらのことから考えられるのは青色に近い180度～240度に入る色は色差が小さいと弁別が困難となる、つまり弁別閾が大きいということである。同じく0度～30度あたりの色は弁別閾が大きい可能性がある。反対に60度～90度のあたりの色は弁別閾が小さいため最近接色同士の配色パターンでも反応時間が速くなったのではないだろうか。

第二に、120度 - 300度の配色パターンで反応時間が低下したことから、類似色だけでなく反対色を配色する場合でも視認性を低めることがあるとわかった。最も色差が大きいはずの二色配色で視認性が下がるのは予期しない結果だったが、これはリーブマン効果が生じた影響ではないかと思われる。リーブマン効果とは色の対比効果の一つであり、明度が近似し、色差が大きい場合に強い色対比効果が生じる。そのため2色の境界線が曖昧になり、ちらつく現象が起こる(近江, 2003)。Livingstone & Hubel (1988)によれば、リーブマン効果を生み出すような等輝度刺激は“jazzy”, “unstable”, “jelly-like”, “disorganized”と表現される。実験において全ての色の明度を等しくしたことが色差の大きい配色でも反応が遅れるという結果が出た要因であり、実験で選択した12色の中では黄緑に見える120度と紫に見える300度の配色がリーブマン効果を生じさせやすいのだろう。したがって反対色同士で目立ったとしても、視認性という点では逆に形状判断を困難にしてしまう配色パターンも存在することが示唆された。

実験2

目的

実験1ではランドルト環を視覚刺激として、明度と彩度を固定し色差のみによる視認性の検討をした。そして、寒色同士の配色で視認性が特に低くなることやリーブマン効果の影響などについての考察を行った。実験1でランドルト環の形状を判断するという比較的単純な課題を行った。

そのため得られた結果は配色パターンによっては反応時間に差が出るものもあった一方で、全体的に反応時間が速くなり、容易に課題をクリアできたことも事実としてあるだろう。形状判断のみならば視認性が低い配色であっても困らないかもしれない。だが、実際に我々が生活する場では文字を読むことが求められる。そのうえ、日常生活で看板や標識の文字を読むときは長い時間をかけてそれを見ている場面は少ないだろう。よって、短い時間で何が書かれているかを判断しなければならぬとき色の視認性は重要な手掛かりとなるはずである。そこで実験1において視認性が低いと判断した配色パターンが文字を読む際にどれだけその文字を判断しにくくするのかを知る必要がある。そのため、実験2では実験1と同様に等明度、等彩度で色差のみある配色が文字判断に与える影響について検討することを目的とする。

方法

実験参加者

女子大学生10名が実験に参加した。

刺激

一般道路における目的地・通過地の方向、道路上の位置を示し目標地までの経路を案内する経路案内標識を模したものを刺激画像とした。刺激画像は目的地・通過地が3方向に分岐するものとし、実験参加者の課題におけるターゲット(後述)である「新宿」を左方向あるいは右方向に示した。「新宿」と逆方向に位置する目的地・通過地として「銀座」、「新橋」、「原宿」の3パターンを用意した。このとき使用した案内標識は実際には存在しないものである。背景色および文字色は4色を設定し、二色配色6パターン×「新宿」の方向2パターン×「新宿」と逆方向の目的地・通過地3パターンの計36枚の刺激画像を用いた。

使用する色は実験1の結果を踏まえて、背景色とターゲット色の色差が30度のとき特に反応時間が低下した210度 - 240度の配色パターンと色差180度で反応時間が低下した120度 - 300度の配色パターンに特徴がみられたことから、実験1において使用した12色の中から120度、210度、240度、300度の4色を選択した。なお色の残効防止のため実験1と同様のモザイク画像を使用した。

手続き

実験参加者はコンピューターのディスプレイ上で呈示された経路案内標識を模した画像に示された「新宿」の方向を弁別する課題を行った。弁別に要した時間を反応時間として記録した。

一試行の流れは、まず実験参加者がキーボードのボタンを押すとディスプレイ中心に凝視点「+」が500ミリ秒呈示された。その後、「新宿」を含む複数の地名の方向を示す経路案内標識が呈示された。ターゲットである「新宿」の方向が左の場合は「F」キー、右の場合は「J」キーをできるだけ早く、かつ正確に押した。キーが押されるまでの時間を反応時間として記録した。2試行目以降は色による残効を防ぐために各試行間に4種類のモザイク画像がランダムに500ミリ秒呈示された。実験は36枚の刺激画像すべてがランダムに呈示され、計36試行実施した。このとき20試行毎に30秒以上の休憩時間を設けた。得られた反応時間を視認性の指標とした。それぞれの刺激に対する平均反応時間と標準誤差を算出した。その際、誤答と外れ値は除外した。

結果

実験2の結果を図3に示す。

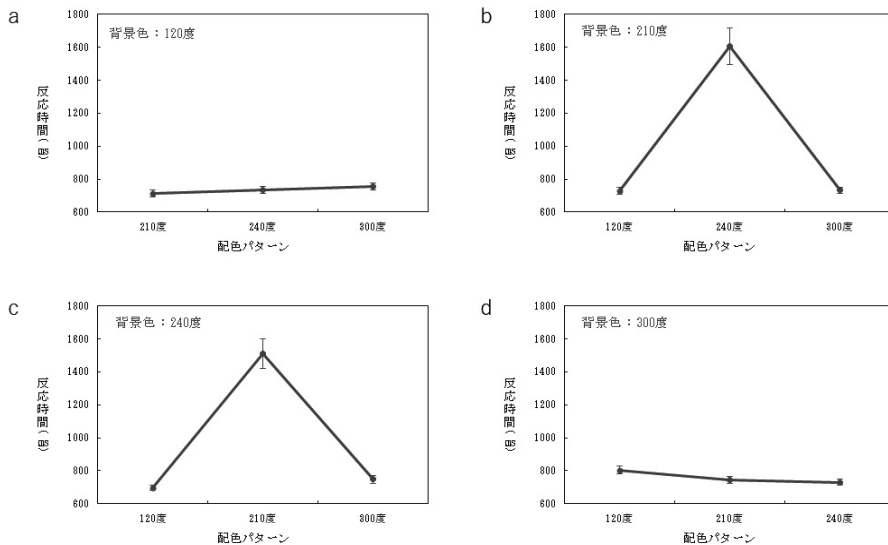


図3 各背景色における反応時間。a：背景色 120 度，b：背景色 210 度，c：背景色 240 度，d：背景色 300 度の反応時間。横軸は二色配色における各色の角度、縦軸は反応時間 (ms) である。各グラフの誤差棒は標準誤差を表している。

図から背景色 120 度(図3a)のときグラフはほぼ水平となり、ターゲット色 300 度のときが最も反応時間が遅かった。同様に背景色が 300 度(図3d)の場合でもターゲット色 120 度で反応時間は低下したが 210 度，240 度がターゲット色であるときと差はみられなかった。一方で，背景色 210 度(図3b)，240 度(図3c)ではグラフは山型となっており，背景色が 210 度の場合はターゲット色が 240 度であるとき，背景色 240 度の場合もターゲット色 210 度のとき反応時間は明らかに遅い傾向があった。

ここで、これらの傾向が有意であるかを調べるために一要因分散分析(繰り返しあり)を行った。その結果を以下に示す。背景色 210，240，300 度のとき背景色とターゲット色の二色配色の主効果は 5% 水準で有意となった($F_s(2,18) \geq 3.70, ps < .0001$)。よって，背景色 120 度の場合，配色の違いによる統計的な反応時間の差は無いと言える。背景色 210 度，240 度の場合にはターゲット色の違いで統計的に有意に反応時間が異なると言える。背景色 300 度のときは配色による反応時間の差は有意だった。さらに，主効果が有意となったため各配色パターンの中に違いがあるかを多重比較(Sidak 法)によって調べた。多重比較の結果，背景色 120 度と 300 度のとき有意となる配色パターンのペアは無かった。背景色 210 度の場合，ターゲット色 240 度との配色が 120，300 度との配色より有意に反応時間が遅かった($t_s(18) \geq 6.23, \text{調整} ps < .0001$)。背景色 240 度の場合，ターゲット色 210 度との配色が 120，300 度との配色より有意に反応時間が遅かった($t_s(18) \geq 6.44, \text{調整} ps < .0001$)。以上のことから 210 度 - 240 度の配色パターンで反応時間が有意に低下したと言える。

考察

結果から210度 - 240度の配色パターンは文字判断の場合にも視認性に影響することがわかった。そのうえ120, 300度と組み合わせた配色パターンが文字判断でも平均反応時間は1000msを下回ったのに対して、どちらが背景色になっても平均反応時間が1500msを超えており、誤答もみられたことから、視認性は低いと結論づけられる。しかもこれらの配色では実験参加者の効果が無かったことから誰にとっても見えづらかったことがわかる。実験1の結果と比べても文字判断が必要看板やサインにこれらの視認性が低い配色を使用することは不利になると言える。ただし、実験2で使用した色は4色であり配色パターンの種類が少ないため、他の近接色同士の配色でどのような結果が得られるかわからない。よって、文字判断の際に類似色を使った配色が視認性を下げるかはこの実験だけでは判断できず、配色パターンを増やす必要があるだろう。

一方120度 - 300度の配色パターンが120度 - 210度, 120度 - 240度の配色パターンの間に有意な差は無く、主効果も無かった。このことから課題自体が難しい文字判断においてはその行為に時間がかかるが、その分ヒントとなる情報が多いためリープマン効果が生じていたとしても、その影響は判断を不利にさせるほどではなかったと言える。300度が背景色である場合でもターゲット色の種類によらず反応時間に差が無かったことから、課題が複雑になるときに平均反応時間が長くなる要因はリープマン効果の影響というよりも情報の多さにあると思われる。

総合考察

本研究は等輝度刺激を用いることにより、色相の違いが形状判断時の視認性に対してどのような影響を及ぼすのかについて検討することを目的とした。そして、実験1において類似色の場合にはその弁別が難しく、特に寒色による配色パターンでは弁別が困難になったり、逆に反対色の場合リープマン効果が生じたりすることが示唆され、それらが視認性に影響する可能性があることがわかった。一方で、背景色が茶色やベージュの場合はターゲット色の種類によらず反応時間に差はなかったことから、そうした配色は視認性を高める効用があると言える。

また実験2では寒色配色パターンによる反応時間の長さが弁別の困難さにあることは実験1と同様であった。それに対してリープマン効果の影響はみられないという結果が得られた。ではリープマン効果に関する実験1と実験2の差は何であろうか。実験1ではランドルト環を用いて形状判断を行い、実験2では交通案内標識を用いて文字判断を行った。形状判断の場合にはランドルト環が切れている向きという情報しか無く遠目ではドーナツ状の円形に見え、どちらを向いているかが分からない。つまり瞬間視した時の形状に差が無いのである。それこそランドルト環というターゲット刺激そのものが視認性の低く目立たない刺激だったうえに、形状の違いを見分けるという課題にはふさわしくなかったと言える。加えてリープマン効果が生じたため更に視認性を低めたのだろう。対して、文字判断の場合には文字そのものの違いやその大きさなどヒントとなる情報が多かった。すなわち使用した視覚刺激の色が関わらない視覚情報による目立ち具合がそもそも違ったことが実験2においてはリープマン効果がみられなかった、もしくはみられたが効果は低減した原因となったのではないだろうか。そのため刺激に用いたランドルト環のサイズを大きくする、刺激の形状をより単純な物にすると結果が変わるかもしれない。

とはいえ、課題の難しさで言えば文字判断のほうが難しいので、現実的な場面において速く正

確な判断を求められる際には、リーブマン効果が生じる可能性が高い配色は避けるべきである。もしくはそのような配色を考える際にはその2色を隣接させずに別の境界線をつくったり文字を大きくしたりする方が良いだろう。

さらに、類似色は形状判断でも文字判断でもともに視認性を下げたことからそのような配色は対称を目立たせるには不利であると言える。ただし、背景色が茶色やベージュの場合はターゲット色の種類によらず反応時間に差はなかったことから、そうした配色は視認性を高める効用があると言える。よって、茶系の色を使った配色は有利であると考えられるが、実際に看板や広告で使う配色デザインの良さを考えると配色の好悪や調和なども考慮する必要がある。

Schloss & Palmer (2011)は、二色配色のペアは色差が小さいほど調和し、また寒色の配色ペアは好まれるということを示しており、黄色や茶色は、調和及び好ましさに関する評価が低かった。その一方で、寒色は調和及び好ましさの評価が高かった。本研究で得られた結果では寒色による配色は特に視認性を下げることになったが、調和などの観点から言えば日常で使われてもおかしくない配色といえる。したがって、寒色で配色デザインを行う際にも何らかの工夫が必要となるだろう。その場合にはやはり輝度によって2色に差をつけると良いかもしれない。

以上のことから、色と視認性においては、近い色相の組み合わせが有利であり、反対色の組み合わせが有利でないとは一概には言えないことがわかった。また形状判断に用いる刺激についてなどこれから考慮すべき課題が残る結果となった。さらに実際に日常の場面で使用できる配色デザインを考えるならば調和などのより多くの心理的要因を念頭に入れる必要があるため、色と視認性の関係は非常に複雑であることが示唆される。

文献

- Livingstone, M. & Hubel, D. (1988) Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740-749.
- 槇 究・田中奈苗・留目真由香 (2005) 読みやすさと配色の良さの両立—文字色と背景色の組み合わせの評価—, *日本色彩学会誌*, 29, 2-13.
- 近江源太郎 (2003) カラーコーディネーターのための色彩心理入門, 日本色研事業株式会社.
- 齋藤大輔・齋藤恵一・納富一宏・齋藤正男 (2005) 標準リンク色と背景色のコントラストと視認性, *バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌*, 7, 59-65.
- Schloss, K. B. & Palmer, S. E. (2011) Aesthetic response to color combinations: Preference, harmony, and similarity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 551-571.
- 鎧沢勇・井上正之 (1983) 文字画像における配色と見易さの関係, *テレビジョン学会技術報告*, 7, VVI59-5, 25-30.