

正対比文字と逆対比文字の可読性—反応時間を用いて—

Legibility of words in positive and negative contrast revealed in reaction time

三星宗雄 Muneo Mitsuboshi 神奈川大学人間科学部 Department of Human Sciences
Kanagawa University

野口由梨亜 Yuria Noguchi 神奈川大学大学院人間科学研究科 Graduate School of
Human Sciences Kanagawa University

Keywords: 正対比文字, 逆対比文字, 可読性, 反応時間, カラーユニバーサルデザイン

1. はじめに

新聞や雑誌, テレビの情報番組, さらにインターネットなど, 我々が情報を得る手段は実に様々である。

また表示方法も, 文字の色をカラフルにしたり太字にしたりと, 伝えたい情報を強調し読みやすくするための工夫, すなわち可読性を高めるための工夫が施される(藤井, 2013)。

こうした文字の可読性は視機能が低下した高齢者や色の見え方が他の多くの人と異なる非定型色覚者にとって大変重要である(青木, 2000; 野口, 2013)。

カラーユニバーサルデザインの1つの手だてとして, 野口(2013)は文字にハッチング(線状模様)を施すと, 非定型色覚者の文字認知に必要な時間(反応時間)が短縮されることを見出した。非定型色覚者にとっては文字の色と背景の色との組合せによっては文字が見えにくい状況となる。

可読性を高めるための方法の1つに, 文字の背景となる色(以下, 背景色)を通常とは異なるものにする方法がある。この方法は新聞で使用されることが多く, 黒の背景色と白色の文字による見出しは最も見かける例である。いわゆる白黒反転文字である。本論文では「文字の明度よりも, 背景の明度が高い組合せパターン」(白背景に黒文字)を正対比文字, その逆の組合せ(例 黒背景に白文字)を逆対比文字として定義する。

本研究では, 背景色に黒を使用した場合(逆対比条件)と, 通常目にしやすい白を使用した場合(正対比条件)とで可読性に違いがあるかどうかを, より客観的は指標, すなわちターゲットとなる文字を検出するのに要する時間(反応時間)を用いて検討した。

2. 方法

2.1 実験装置

本実験では, PC タキストスコープ (ITEM T.K.K 2280b 竹井機器工業株式会社) を使用した。なお PC タキストスコープは, OS に Windows7 を搭載したパーソナルコンピュータ (OPTIPLEX 990, Dell Inc.), 実験者操作用 (以下, メインディスプレイ) の 23 インチ液晶ディスプレイ (RDT233WLM 三菱電機株式会社), 刺激呈示用 (以下, サブディスプレイ) の 24 インチ液晶ディスプレイ (XL2420T, BenQ Co.Ltd.), 反応取得用の押しボタンスイッチ 2 つで構成されている。またサブディスプレイの画面表示面積は 531 × 299mm, リフレッシュレートは 120Hz であった。

2.2 刺激

本実験では黒または白の背景 (299 × 290mm) 上に 3 種類の文字 (高さ: 視角 2°), ひらがな (あ, い, う, え, お), カタカナ (ア, イ, ウ, エ, オ) およびアルファベット (A, B, C, D, E) を提示した。文字の種類ごとに 1 セッションとし, 各文字の種類の中の 1 文字をターゲット刺激とした。

これらの文字の色には赤, 黄, 緑, 青, 紫の有彩色と黒と白の無彩色の計 7 色を設定した。ただし背景色が黒の場合は文字色に黒を使用せず, また背景色が白の場合は文字色に白を使用しなかった。したがって刺激の合計は, 1 文字 (1 セッション) につき 2 種類の背景色と 6 種類の文字色で 216 個となった。また注視点は背景色を黒に設定した画像に, 白色の 2 つの十字図形を記したものととした (持続時間 1 秒)。図 2.1 は文字の種類がアルファベットの場合の, 刺激と注視点の時間-空間関係を示したものである。また表 2.1 はサブディスプレイに表示した際の 7 色の背景と文字の輝度と CIE の x, y 色度座標を示したものである (いずれもミノルタ色彩色差計 CS100 による測

定)。

表 2.1 の下段は下の(1)式によって求められた背景と文字の輝度コントラストである。ただし黒背景の時は黒文字を、黒背景の時は黒文字を除いたので、黒背景/黒文字と白背景/白文字の時のデータはない(計算上はどちらもコントラスト 0 である)。

$$C = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (1)$$

(ここで、C: 輝度コントラスト, L_{\max} : 文字および背景のうちどちらか高い方の輝度, L_{\min} : 同じくどちらか低い方の輝度)

なお刺激の作成には Az Painter 2, GIMP 2, Microsoft Office Picture Manager, Microsoft Word 2010 を使用し, 本実験で用いた 7 色は Microsoft Word 2010 で「標準の色」に登録されたものを基準とした。

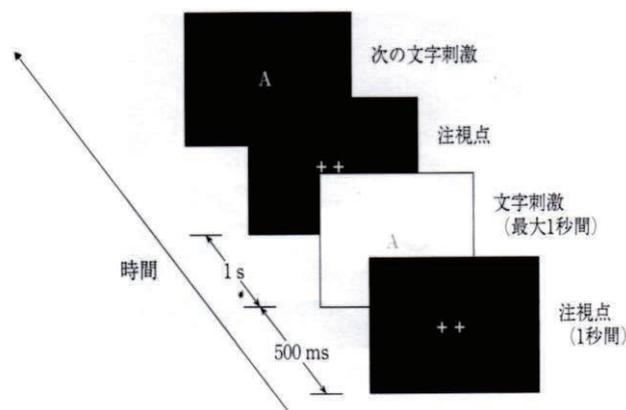


図 2.1 刺激の時間-空間関係

表 2.1 文字色および背景色の輝度, CIE x, y 色度座標
および背景と文字との輝度コントラスト

	赤	黄	緑	青	紫	黒	白
輝度 (cd/m ²)	4.22	37.8	15.8	7.11	3.64	0.48	49.2
x 座標	0.597	0.363	0.263	0.189	0.25	0.317	0.292
y 座標	0.325	0.471	0.481	0.232	0.124	0.362	0.335
黒背景の時の輝度コントラスト	0.796	0.975	0.941	0.874	0.767	-	0.981
白背景の時の輝度コントラスト	0.842	0.131	0.514	0.747	0.862	0.981	-

2.3 実験参加者

神奈川大学の学生 16 名(男性 4 名, 女性 12 名,

平均年齢 20.75 歳) が実験に参加した。全実験参加者には謝礼が支払われた。

2.4 手続き

はじめに実験者は実験参加者に対し, ターゲットとなる刺激を指定した。この時ターゲット刺激は各文字の種類(ひらがな, カタカナ, アルファベット)の中の 1 つとし, 背景色の違いや文字色の違いは考慮しないものとした。

次に実験参加者はサブディスプレイに表示される注視点に注目し, この注視点が消滅した後に表示される刺激が, 先に指定されたターゲットであれば右側のボタンを, それ以外であれば左側のボタンをできる限り早く押す作業を行った。ただし刺激が呈示される時間は最大で 1 秒であり, その間に反応があればその時点で, また反応がなければ 1 秒経過した時点で注視点の画像に移行するように設定した。

このような作業をひらがなの刺激のみが表示されるセット, カタカナの刺激のみが表示されるセット, アルファベットの刺激のみが表示されるセットの合計 3 セットを 1 セッションとして行った。なおターゲットの指定は 1 セット終了するたびに行った。最後に実験に関する感想を, 実験参加者からヒアリングして終了した。

なお本実験では本試行を行う前に, 文字色が黒, もしくは白の刺激を用いた 10 個程度の練習試行を行った。またターゲットとなる刺激は実験参加者によってランダムに指定し, さらに先に記した 3 セットを行う順番も実験参加者ごとに変更した。

以上のセッションを一人の実験参加者に対し, 1 日以上の間隔をあけて 2 回行った。ただし 2 回目の実験では, ターゲットを検出するボタンを左側にした。

3. 結果

表 3.1 に背景の色別の平均反応時間を示す。上述したように各条件における測定は計 2 回ずつ行ったが, 1 秒以内に反応できなかった場合は外れ値としてデータから除外した。そうした外れ値は全体で 38 個であった(全データ数 576 個)。表 3.2 は背景色別に, 文字の種類ごとの平均反応時間を示したものである。

3 要因の分散分析の結果, すべての要因で 5% 以下の危険率で有意な差は見られなかった(背景の色の要因に関しては 10% レベルで有意であった)。

表 3.1 各背景色における平均反応時間 (ms)

背景色	黒	白
平均反応時間 (ms)	492.23	485.91
標準偏差	54.00	56.59

表 3.2 各文字種における平均反応時間 (ms)

背景色	黒			白		
	ひらがな	カタカナ	アルファベット	ひらがな	カタカナ	アルファベット
平均反応時間 (ms)	493.89	488.27	495.19	494.30	480.14	484.57
標準偏差	53.99	61.33	69.54	66.91	55.52	62.75

表 3.3 実験参加者の内観報告

内容	意見数 (人)	内容	意見数 (人)
黒背景に黄文字が見やすい	6	黒背景に赤文字が見えにくい	1
赤文字が見やすい	2	青文字が見えにくい	3
緑文字が見やすい	2	紫文字が見えにくい	2
白背景に黄文字が見えにくい	7	緑文字が見えにくい	3
黒背景に青文字が見えにくい	2	黒背景が見やすい	4
白背景に黒文字は見やすい	5	紫文字が見やすい	2
黒背景に白文字は見やすい	5	赤文字が見にくい	2
黒背景に紫文字が見えにくい	2	黒背景に赤文字が見やすい	1
白背景が見やすい	3	黄色文字が見えにくい	1
白背景に明るい文字が見えにくい	1	白背景に青文字が見えにくい	1
黒背景に暗い文字が見えにくい	1	白背景に緑文字が見えにくい	2
		青文字が見やすい	1

表 3.3 は実験参加者の内観報告である。最も多かった報告は「白背景に黄色文字が見えにくい」であった。ついで「黒背景に黄色文字が見えやすい」、「白背景に黒文字は見えやすい」、「黒背景に白文字は見えやすい」と続く。これらはいわゆる色彩心理学の中の「色の明視性 (または可読性) の傾向と一致する (塚田, 1978)。

その中で注目すべき点は、互いに相反する報告が見られることである。「赤文字が見やすい」(2人) に対して「赤文字が見にくい」(2人)、「緑文字が見やすい」(2人) に対して「緑文字が見えにくい」(3人)、「紫文字が見やすい」に対して「紫文字が見えにくい」(2人) などである。

4. 考察

山根 (2010) は液晶テレビに映し出された、白、青、紺、黒の 4 種類の背景色に明度差と色差の異なる 5 種類の文字色を提示して、その文字の見やすさの許容度を評価させた。その結果、白と青の背景色において明度差と色差が大きいほど文字

を読むのに許容できる割合が増加すること、また紺と黒の背景色では、それらと最も明度差と色差が大きくなる色を文字に使用した時よりも、1, 2 段階明度差と色差が小さい色を使用した時の方が、見やすい文字として評価される傾向を示した。

また原・野口 (2004) は、ディスプレイに映し出された輝度が 65cd/m² の白の背景色に、背景色よりも輝度の低い有彩色を使用した 6 種類の文章の読みやすさを評価させる実験を行った。その結果、背景色と文字色の輝度 (明度) の対比が大きくなるほど、色相が可読性に及ぼす影響が小さくなることを示した。

紙媒体の刺激 (文書) においても文字と背景との輝度対比が「読みやすさ」の決定因子とする研究結果は多い (難波・原・野口, 2002; 大島・難波・原・野口, 2003)。

一方秋月・井上 (2004) によると、ランドルト視力を用いて、白背景でランドルト環の色を変えた場合および背景とランドルト環の色を同じにした場合のどちらの場合も、その輝度比が等しい無彩色の結果と等しくなることから、細部識別関はほぼ文字と背景との輝度比によって決定されるとしている。

しかしこれらの結果は、各文字色の「見やすさ」が、「許容できる」、「ぎりぎり許容できる」、「許容できない」の 3 段階評価 (山根, 2010) および「読みやすさ」が「読めない」～「非常に読みやすい」までの 6 段階評価 (難波ら, 2002; 大島ら, 2003; 原・野口, 2004) から得られたもので、いずれも主観的評価実験である。

しかし本実験の結果は、そうしたイメージ、「見やすさ」(山根, 2010; 本実験)、「読みやすさ」(原・野口, 2004) は、実際の可読性と相関していない可能性があることを示した。

また本実験の結果は、そもそも刺激のコントラスト (文字と背景との間のコントラスト) は反応時間にあまり効果を及ぼさない可能性を示している。最近畑野 (2015) は、同じ PC タキストスコープを用いて、無彩色の背景上にさまざまな空間的な密度 (空間周波数) の黒の縞パターンを施した白のアルファベット文字 (W) および無地の W 字を提示し、その認知に要する反応時間を測定した。その際背景の無彩色の輝度を 4 段階に変え、そのアルファベット文字との間のコントラストの影響を検討した。コントラストは 35.7%, 73.7%, 86.3%, 99.1% の 4 段階であった。

その結果、文字に縞があるかないかは平均反応

時間に影響を及ぼさず、その上背景と文字とのコントラストにもほとんど依存しないことが明らかになった。しかしコントラストが0であれば、当然文字を読むことは不可能なので反応時間は $+\infty$ になる。したがって反応時間が刺激のコントラストから完全に独立であるわけではない。おそらくどこかに「閾値」のようなものがあるのではないかと推察される。

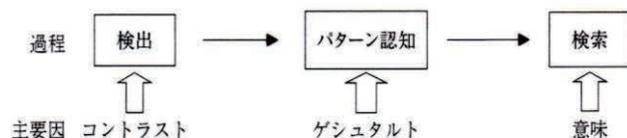


図 4.1 文字認知の段階と反応時間に及ぼす主要因 (畑野、2015)

るハッチングの効果—反応時間を用いた予備的実験の報告—, 神奈川大学人間科学部研究年報 7, 5-17.

大島寛之・難波一郎・原直也・野口太郎 (2003) 有彩色文書の明視性に関する研究 (その2) —無彩色背景における明視要素と等価輝度対比との関係—, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 93-96.

塚田敢 (1978) 『色彩の美学』, 紀伊国屋書店, pp.115-117.

山根信啓 (2010) 液晶テレビにおける視認性と可読性, 東芝レビュー65, 2, 11-14.

謝辞

本論文は 2012 年度三星卒研生の藤井紀代美の卒業論文を著者らの独自の視点に立って、あたらしくまとめ直したものである。本文中一部は本人の卒業論文からそのまま引用した。その部分ではできるだけ分かるようにした。この論文の発表に際し、データの使用を快諾してくれた藤井紀代美氏に心から御礼を申し上げる。

引用文献

- 秋月有紀・井上容子 (2004) 明視性等の, サインが備えるべき機能に対する色彩の影響 明視性評価法における色彩の取り扱いに関する考察, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 457-480.
- 原直也・野口太郎 (2004) 無彩色背景有彩色文書の文字の明度, 彩度, 色相が読みやすさすと等価輝度対比に及ぼす影響, 照明学会誌 88, 11, 866-873.
- 畑野翔太 (2015) 縞パターンはターゲット刺激の認知を妨げるか? 2014 年度神奈川大学大学院人間科学研究科修士論文.
- 藤井紀代美 (2013) 背景色と文字表記の組み合わせによる可読性の変化. 2012 年度神奈川大学人間科学部卒業論文.
- 神作博・福本純一 (1972) 安全色彩の誘目性について 日本色彩学会誌 1.1,4-14.
- 難波一郎・原直也・野口太郎 (2002) 日本建築学会大会学術講演梗概集, 335-336.
- 三星宗雄 (2014) 『色彩の快: その心理と倫理』, 御茶の水書房.
- 野口由梨亜 (2013) 色覚障害者の文字認知におけ