

白内障手術前後における視認性変化

Change of visibility in cataract perioperative period

齋藤 大輔†
Daisuke SAITO

齋藤 恵一†
Keiichi SAITO

納富 一宏‡
Kazuhiro NOTOMI

齋藤 正男†
Masao SAITO

1. はじめに

生活の中に IT 機器が普及し、日常誰もがインターネットを利用する機会が多くなった。インターネットを介した情報提供は視覚情報が多くの割合を占めることから、加齢による視覚機能の変化を考慮していない Web コンテンツは、多くの高齢者にとって情報へのアクセシビリティが低くなる恐れがある。これから団塊世代が高齢者の仲間入りをしていく現状にあって、激増する高齢インターネット利用者への対応を急がねばならない。一般に、加齢とともに水晶体は白濁し見え方が変わり^[1, 2]さらに進行すると白内障になるといわれている。水晶体が白濁すると視力の低下がみられ、各年代での割合は 60 歳代で 70 %、70 歳代で 90 %、80 歳以上になるとほぼ 100 % と程度の差こそあれ多くの高齢者に認められる。一方、Web サイトの作成者やインターフェイスの開発者には、実際に白内障によりどの程度見え方が変わるかは実感しにくく、また白内障患者の見え方に関する具体的なデータも入手しにくい。そこで本研究では、白内障患者の視認性を心理的手法により測定した。さらに、現在では、白内障によって低下した視力が手術により回復することが可能となったことから、手術前後における視認性の比較も行った。

我々はこれまでの研究で、健康な若年者と高齢者を対象に、白色背景における Web セーフカラーの視認性を検討し、若年者と高齢者で、ともにコントラストが強くなると視認性が高くなるが、コントラストを大きくし過ぎると視認性が低下することを報告した^[3]。そこでこの知見をもとに、心理的手法の一つである一対比較法を用いて、白内障手術前後における視認性の測定を行った。特に白内障では、水晶体の白濁により短波長域の光の感度が低下することから、短波長領域のスペクトル成分の割合が多い Blue のコントラスト変化に着目して視認性の検討を行った。

2. 実験条件および方法

図 1 のように、sRGB モードの CRT 画面 (EIZO Flex Scan T566, 17 インチ) に、輝度の異なる 2 色の文字列を縦書きで並列に呈示する。呈示した文字は、「全本中王木日」など左右対称なものを選んだ。これにより文字による非対称性の影響を除去した。医師により老人性白内障と診断された被験者 (1 名, 85 歳) には、座位にて画面を注視し、呈示された 2 つの文字列のうちより見やすい方をマウスのボタンで選択させた。両文字列の間隔は 10 mm、被験

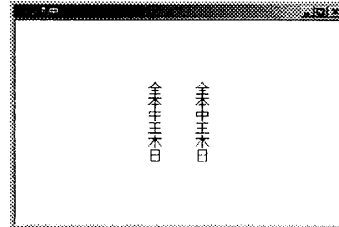


図 1 課題の呈示画面

表 1 使用した文字色

	文字の Color code	輝度 $Y \text{ cd/m}^2$
文字色	#000000	2.54
	#000066	3.29
	#000080	3.68
	#000099	4.28
	#0000B2	5.12
	#0000CC	6.15
	#0000D6	6.54
	#0000FF	8.19
背景色	#FFFFFF	81.3

者と画面の距離は 800 mm、文字サイズは 11 ポイント、選択の時間に制限は設けなかった。背景色を白 (#FFFFFF) とし、文字色は表 1 に示す輝度の異なる 7 段階の Blue と通常文字色として用いられる Black (#000000) とした。呈示する文字の組合せは、左右の呈示位置の違いも考慮した 56 組である。刺激の呈示順序は無作為とした。測定は白内障手術前と白内障手術後に 2 回ずつ行った。

得られた一対比較の結果から各文字色が選ばれる確率を求め、サーストンの方法^[4, 5]を適用し各文字色の視認性を得点化した。一方、Weber-Fechner の法則^[6]を用いて、輝度を感覚量に変換し、前景と背景のコントラストを求めた。最後に一対比較から得られた得点とコントラストの関係を検討した。

3. 実験結果

3.1 視認性の得点化

術前に行った 2 回の測定から得られた 112 (56 組×2 回) 組の一対比較の結果から各文字色の視認性を得点化した。同様の処理を術後の一対比較の結果にも施した。それらの結果を表 2 に示す。得点が高いほど視認性が高いことを示している。

白色背景では、通常は文字色として Black (#000000) が用いられている。表 2 によると、術前では Black は最も視認性が高く、カラーコードの RGB 値の B 値が大きくなるほど視認性が低下する傾向がみられた。一方それとは反対に、術後では Black の視認性が最も低く、カラーコードの B 値が大きくなるほど視認性が高くなる傾向が確認された。

†東京電機大学先端工学研究所

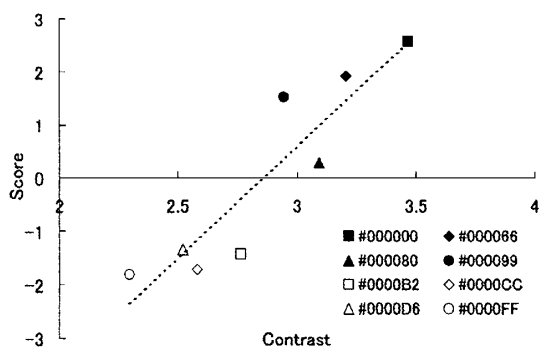
Research Center for Advanced Technologies, Tokyo Denki University

‡神奈川工科大学情報学部情報工学専攻

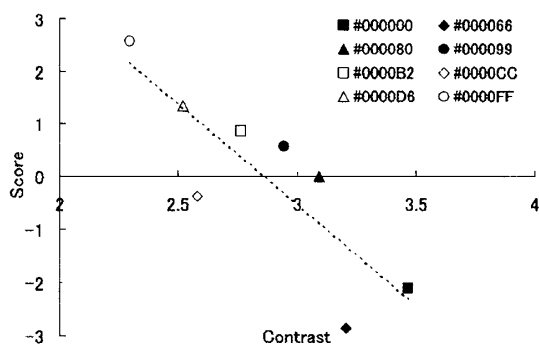
Department of Information and Computer Science, Kanagawa Institute of Technology

表2 サーストンの方法による得点化

白内障手術前			白内障手術後		
順位	Color code	得点	順位	Color code	得点
1	#000000	2.57	1	#0000FF	2.57
2	#000066	1.91	2	#0000D6	1.36
3	#000099	1.52	3	#0000B2	0.85
4	#000080	0.29	4	#000099	0.57
5	#0000D6	-1.34	5	#000080	0.00
6	#0000B2	-1.43	6	#0000CC	-0.38
7	#0000CC	-1.71	7	#000000	-2.10
8	#0000FF	-1.81	8	#000066	-2.86



(a) 白内障手術前



(b) 白内障手術後

図2 得点とコントラストの関係

3.2 得点とコントラストの関係

各文字色の得点(表2)とコントラストとの関係を図2に示す。(a)は術前,(b)は術後である。縦軸は得点を示し、横軸は表1に示したY値より求めた各色の背景色とのコントラストである。図2によると、術前はコントラストが増加するにつれて得点が高くなる右肩上がりの傾向を示した。一方、術後はコントラストが大きくなると得点が低下する右肩下がり傾向を示した。術後での傾向は、コントラストが大きすぎる場合には視認性が低下するという健康人でのものと一致する結果であった。

4. 考察

白内障と診断されていない20代から70代までの健康者を対象とした、代表的なWebセーフカラー21色を使った一対比較による視認性に関する実験では、コントラストの高いBlackよりも、未訪問の標準リンク色で使われているBlueの方が、視認性が高くなることわかっている^[3]。今回の測定結果からは、術後の結果がその結果と一致してい

た。この結果から、手術により健康者と同じ傾向を示すまでに視認性が回復したことがわかる。

一方、手術を必要とする程度まで水晶体の白濁が進んだ状態である術前の測定結果は、BlueよりもBlackの方が、視認性が高くなり、術後とは反対の結果が示された。一般に、水晶体が白濁すると黄色味を帯びたように見えるといわれており、補色関係にあるBlueの持つ色味が薄れ無彩色方向に移動した色として知覚されることから、コントラストの一番高い無彩色であるBlackとの視認性順序が逆転したのではないかと推測される。このことは、健康者では有効と考えられていた未訪問の標準リンク色が必ずしも最適ではないことを示している。

得点とコントラストとの関係を見ると、白内障が進んだ術前の測定では高い相関があることがわかる。これは、前述した実験^[3]から得られた、「高齢者の視認特性は若年者と比べて色味の影響が薄れコントラストに強く依存するようになる」という結果と矛盾しない傾向を示しており、むしろ水晶体の白濁の進行がこの傾向を強調する結果となったと考えられる。一方、術後の測定結果は、得点とコントラストの関係が逆相関となり、高齢者よりも色味の影響を強く受ける若年者の視認特性に近くなっていることが推察される。今後より多くの文字色を使った検討を行い、より詳細な特性を明らかにしていく必要がある。

5. おわりに

白内障では、水晶体の白濁により短波長域の光の感度が低下することから、カラーコードのRGB値のB値の変化に着目して視認性の検討を行った。その結果、白内障と診断された被験者の視認特性は、若年者や白内障と診断されていない高齢健康者の視認特性と逆の傾向を示し、水晶体の白濁が視認性に大きな影響を与えていることがわかった。程度の差こそあれ加齢とともに水晶体が白濁することはほとんどの人にとって不可避のことであり、わが国の人口構成から高齢のインターネット利用者が激増することが予測される現状において、情報アクセシビリティを確保することは不可欠である。1名の被験者によるものではあったが、今回の結果は、その必要性を喚起するものであると考える。今後は、代表的なWebセーフカラーを使った白内障における視認特性の詳細を明らかにしていく予定である。

参考文献

- [1] Michael G. Paciello: Web Accessibility for People with Disabilities, CMP Books, Kansas (2000)
- [2] 池田光男, 久住亜津沙, 小浜朋子, 篠田博之: 白内障疑似体験ゴーグルによる色票の見えの変化, 日本色彩学会誌, Vol.27, No.2, pp.113-124 (2003)
- [3] 齋藤大輔, 齋藤恵一, 納富一宏, 齋藤正男: 白色背景におけるWebセーフカラーに対する視認性の加齢変化, 生体医工学, Vol. 43, No. 1, pp.68-75, (2005)
- [4] L.L. Thurstone: A law of comparative judgment, *Psycho. Rev.*, Vol. 34 (1927)
- [5] L.L. Thurstone: The measurement of values, Univ. of Chicago Press (Chapter 3) (1959)
- [6] G. T. Fechner (H. E. Adler, Trans): Elements of psychophysics Vol. 1, Holt, Rinehart & Winston, New York (1966) (Original work published 1860)