

## 白内障スクリーニングのための簡易検査システムの開発

## Development of the simple inspection system for cataract screening

○ 桜井 理紗 (東京医療保健大学), 山下 和彦 (東京医療保健大学)

Risa SAKURAI, Tokyo Healthcare University  
Kazuhiko YAMASHITA, Tokyo Healthcare University

**Abstract:** More than 90 percent of elderly people as over 75 years old have a cataract. They need to prevent degradation of Quality of life and to avoid the risk of dangerous. This study was aimed to develop a system for screening the cataract simply using a PC. The subjects of the study were 12 healthy elderly individuals include 6 people who have had cataract operation and 6 elderly individuals have a cataract. All subjects were over 70-years old. Experiment was examined property of character recognition on the cataract by this system which was adjusted the contrast ratio of a foreground color and a background color with eyes of the each right and left. As the result, it was confirmed that the visibility of foreground character in dark background color was more difficult for elderly people with cataract than light background color.

**Key Words:** cataract, brightness, screening, visibility

## 1. はじめに

日本は超高齢社会に突入し、2010年における高齢化率は23.1%であり、65歳以上の高齢者は前年比57万人増の2958万人で全人口に対する高齢者の割合が過去最高になった。さらに2055年には高齢化率が40%に達し、2.5人に1人が65歳以上になると推測されている<sup>1)</sup>。

後期高齢者、特に年齢が進むことで約90%が白内障になるといわれており、生活の質や転倒リスクの向上など様々な弊害をもたらすと考えられ、高齢化の進行により白内障罹患率の増加が考えられる。

白内障は、水晶体が白濁・黄濁し、視力の低下や色情報の不鮮明さ、光環境の変化が起こる。水晶体混濁の有所見率は加齢に伴い増加する。初期混濁も含めた水晶体混濁有所見率は50歳代で37~54%、60歳代で66~83%、70歳代で84~97%、80歳以上では100%であることが報告されている<sup>2)</sup>。

また、自覚症状を感じにくい白内障が徐々に進行していく中で、自らの目の現状を把握し、気付き、意識を持つことは安全に生活するために重要なことであると考えられる。

白内障は、進行が緩やかで自覚症状を感じにくいいため、本人の自覚症状がなく視認性の低下における生活の質の低下や事故などからの危険回避の必要性が挙げられるが、一方で、過剰な反応により手術の必要がないのに手術を受け、事故に発展するケースなども散見される。

現在、白内障を診断するためには、眼科で細隙灯顕微鏡検査等のような、特殊な検査が行われている。この検査は眼科を受診しなければ実施できず、手軽に行うことができない。これは痛みなどの自覚症状のない白内障高齢者が積極的に眼科を受診すると考えられない。その結果、早期発見・早期対策が難しく、生活の質の低下を招くことにつながると考える。そこで対象者が自宅等で、いつでも簡便に白内障の有無の可能性を調べられるシステムがあれば、生活の質の向上に有効であると考えられる。

以上の背景より、定量的に白内障高齢者の視認性を評価し、簡易にフィードバックできる仕組みが求められると考えた。そこで本研究では、簡便に白内障のスクリーニングを行うことを目的とし、白内障スクリーニングのための簡易検査システムの開発を行った。

さらに、本システムを用い、白内障の症状である視認性の変化を活用し、色の明度差を用いた簡易検査システムの

有効性を調査するための実験を行った。

## 2. 白内障スクリーニングのためのアプリケーション開発

## 2-1 開発したアプリケーションの着目点

人間の視覚特性は、加齢に伴い、水晶体の白濁・黄濁が進行し、さらに進むと白内障になり、色の見え方が変化することが報告されている。水晶体等の透光体の混濁は、光の透過を妨げ、短波長域の分光透過率の低下が認められている<sup>3,4)</sup>。これら水晶体の濁りが、短波長域の感度を低下させ、青色系と黒との色識別が難しいことが確認されている<sup>5)</sup>。さらに、青の視認性がコントラストに依存する傾向が確認されている<sup>6,7)</sup>。

また、人間の加齢特性により、明度が高いほど若年者と高齢者で色の見え方の変化が大きくなることが明らかになっている<sup>8)</sup>。

そこでこれらの特性を、アプリケーションの開発に用いることで、白内障のスクリーニングを簡便に行うことができると考えた。

## 2-2 アプリケーションの開発

色の明度差を用いた白内障スクリーニングのための簡易検査システムを開発した。アプリケーションの開発環境は、Visual Basic 2008を用いた。Fig1, 2に開発したアプリケーションの画面を示した。

アプリケーションの画面には、画面の四隅に、独自に作成した4つの画像を配置した。PCの背景色は白色である。画像の中心には、ひらがなで1文字記載されており、画像の背景色には明度が大きく異なる、すなわち明度が高い明背景と明度が低い暗背景の2種類を用意した。明背景には全て白色文字、暗背景には全て黒色文字を対応させている。

明背景・暗背景に注目した理由は、明度が高いほど若年者と高齢者で色の見え方の変化が大きくなるという人間の加齢特性から、明背景に白色文字を対応させた画像を使用することで、視認性が低下するのではないかと推測し、よりスクリーニングをしやすくと考えた。

明背景、暗背景ともに画像の背景色は青色系で統一した。これは、水晶体の白濁により、短波長領域の光で感度が低下し、白内障眼では紫青の光が人口水晶体眼より暗く見えることが示唆された先行研究により<sup>9)</sup>、青と暗背景に対応させた文字色である黒の判別がつきにくく、白内障のスクリーニングがしやすくと考え、背景には青色系を用いた。

さらに、白内障の症状の1つである色の見え方の変化を活用し、明背景、暗背景それぞれで、前景の文字色と背景の画像の色の明度差を調節した画像を、各9枚、計18枚用意した。

明度差は、前景の文字色、背景色それぞれの色のRGB値を0~255の10進数で表し、 $((R \times 299) + (G \times 587) + (B \times 114)) / 1000$ で明度を算出し、差を求めたものである。明背景・暗背景ともに、各画像の明度差は大きい順に、60, 50, 40, 30, 25, 22, 19, 15, 11とした。

色は色相、明度、彩度の3つ属性を持つ。本研究では、明度を求める際に、色相と彩度は全て同じ値で固定し、明るさである明度の数値のみを変化させている。これは、色相や彩度の変化の影響を除外し、前景と背景の明度差の比較をできるようにするためである。

それぞれ9枚の画像は、明背景と暗背景の明度差を対応させており、同様に、文字の形状が視認性に影響しないように、明背景と暗背景に表示する文字は、同じものを同じ順番で表示するようにした。日常生活を送る上で文字を認識できることは重要であり、視認性を確かめるべく、表示するものには図形ではなく、文字であるひらがなを使用した。フォント形式は全てMSゴシックを、フォントサイズは48ポイントを使用した。



Fig1. Display screen using light background color and white character

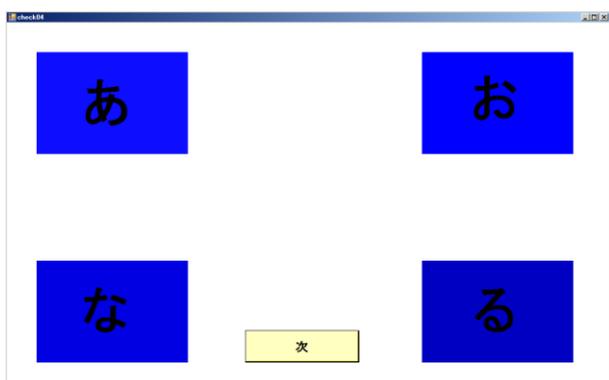


Fig2. Display screen using dark background color and black character

### 3. 実験方法

#### 3-1 被験者の概要

被験者は70歳以上の高齢者22名(78.5±3.0歳)である。対象者に対するヒアリングにより、被験者の中には健常高齢者6名、白内障と診断されている高齢者10名、白内障手術経験者6名が含まれていた。

#### 3-2 開発した白内障スクリーニングシステムの実験方法

実験は開発したアプリケーションを用いて行った。被験者は実験用のノートパソコンの前に、60cmの距離に楽な姿勢で座らせた。用いたノートパソコンの液晶表示装置は、11.1型ワイドTFTカラー液晶であり、解像度は1366×768ピクセルであった。PCの画面の明るさは一定とし、アプリケーションの操作は、実験補助者が行った。Fig3に実験の流れを、Fig4に実験の様子を示した。

実験の流れは、始めに右目で白色文字と明背景の画像を、明度差が最も大きい画像から明度差を徐々に変えていき、最も小さい画像になる順で表示させ、1つずつ被験者に答えてもらい、結果を確認した。明背景の画像が9枚終了した時点で、黒色文字と暗背景の画像を、明背景と同様、明度差が最も大きい画像から明度差を徐々に変えていき、最も小さい画像の順で表示させ、結果を調べた。

左目も同様に行った。正解は1点、不正解やわからない場合は0点とした。本実験は、東京医療保健大学の倫理審査委員会の承認を得て行い、対象者に実験の概要を説明した後に行った。

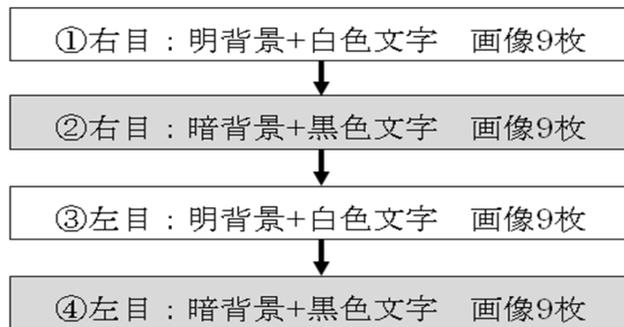


Fig3. Method of the experiment

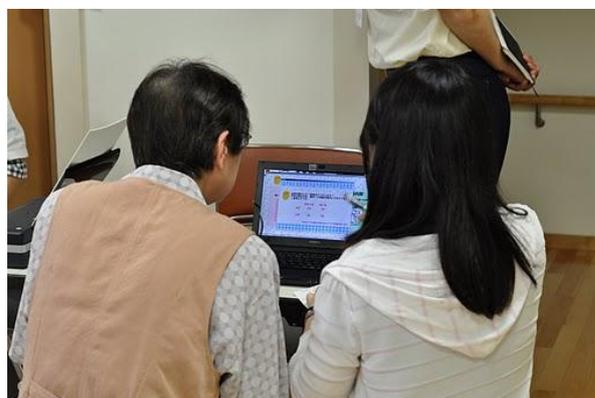


Fig4. Experiment landscape

#### 4. 実験結果

文字色と背景色の明度差の異なる画像と文字認識の正答率の平均との関係に着目し、検討した。健常高齢者、白内障と診断されたことのある高齢者、手術経験者の左右それぞれで画像別に文字認識の正答率の平均を示した。正解を1点、不正解を0点で表し、縦軸に平均点を、横軸に画像番号を示した。

画像番号は画像1から順に文字色と背景色の明度差が大きいものを示しているため、画像1は明度差が60、画像2は50、画像3は40、画像4は30、画像5は25、画像6は22、画像7は19、画像8は15、画像9は11となっている。

Fig5に右目で行った明背景での結果を、Fig6に右目で行った暗背景での結果を、Fig7に左目で行った明背景での結

果を、Fig8に左目で行った暗背景での結果を示した。

それぞれ被験者グループごとに明背景での得点を見ると、白内障と診断されたことのある高齢者において、明背景での平均の得点は、右目は画像1から画像6までは全員が文字を認識できたことを示す1.0点であり、画像7は0.6点、画像8は0.4点、画像9は0.7点であった。左目は、画像4が0.9点であったが、それ以外の画像1から画像6までが1.0点、画像7は0.7点、画像8は0.3点、画像9は0.6点という結果であった。

健常高齢者において、明背景での平均の得点は、右目は画像2が0.8点であったが、それ以外の画像1から画像6までは1.0点、画像7は0.8点、画像8は0.5点、画像9は0.7点であった。左目は、画像2が0.8点であったが、それ以外の画像1から画像6までが1.0点、画像7は0.7点、画像8は0.5点、画像9は0.5点という結果であった。

白内障手術経験者において、明背景での平均の得点は、右目は画像1が1.0点、画像2から画像6までが0.9点、画像7は0.5点、画像8は0.6点、画像9は0.5点であった。左目は、画像4が0.9点であったが、それ以外の画像1から画像6までが1.0点、画像7は0.5点、画像8は0.6点、画像9は0.5点という結果であった。つまり、白内障と診断されたことのある高齢者は、明背景の場合、両目とも画像7から平均得点が減少し、視認性が低下していた。

しかし、健常高齢者や白内障手術経験者も画像7から平均得点が減少しており、白内障と診断されたことのある高齢者と似た傾向が見られた。

手術経験者の中で、右目は明背景の画像1、左目は両背景の画像1のみしか答えられない被験者もいた。この被験者は、網膜脈絡膜萎縮症という他の疾患があり、ヒアリングを行ったところ、人の顔がわからない、手術後から物が2重でみえるなど他の要因が関わっていることがわかった。

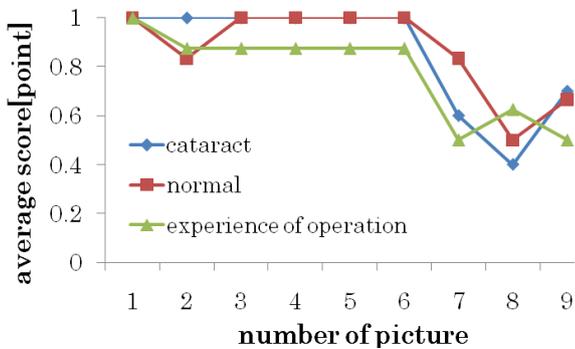


Fig.5. The average score of the picture in a light background color by right eye.

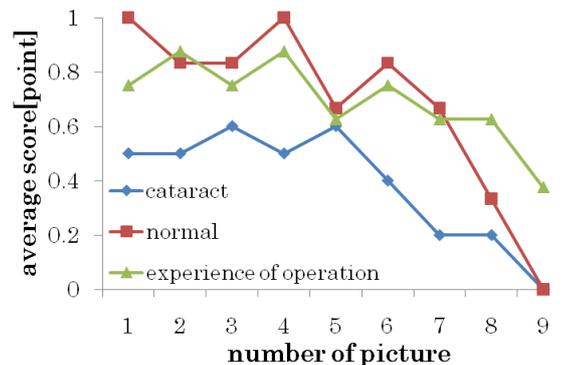


Fig6. The average score of the picture in a dark background color by right eye.

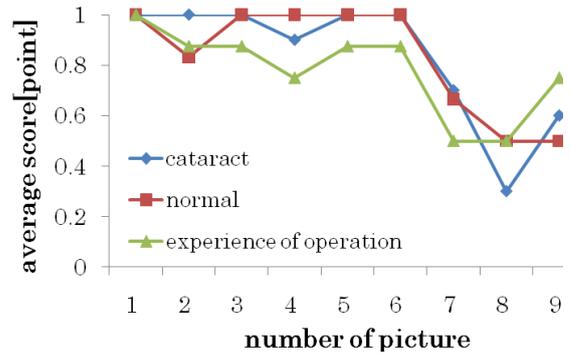


Fig7. The average score of the picture in a light background color by left eye.

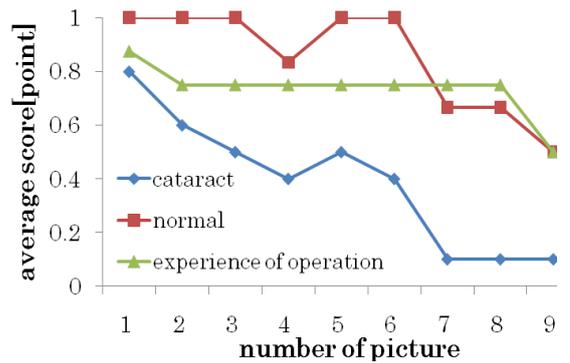


Fig8. The average score of the picture in a dark background color by left eye.

また、白内障と診断されたことのある高齢者で、明背景と暗背景の画像別の平均の得点を比較すると、文字色と背景色の明度差が最も大きい画像1の明背景は右1.0点、左1.0点と全ての被験者が文字を正しく答えられたのに対し、暗背景では、右目は0.5点、左目は0.8点であり、明背景では見えていた文字が暗背景になると、視認性が低下することがわかった。

また、白内障と診断されたことのある高齢者は、文字色と背景色の明度差の同じ明背景、暗背景の画像を比較すると、全ての画像において、暗背景の方が得点率が低いことが明らかになった。さらに、特徴的であった白内障と診断されたことのある高齢者2名を抽出すると、右目で明背景9点満点中9点であったのに対し、暗背景は9点満点中0点であり、文字色と背景色の明度差に関係なく、明度の低い暗背景で文字の視認性が低いことがわかった。

ヒアリング調査では、白内障と診断されたことのある高齢者は、白内障と合わせて、緑内障や中心性網膜剥離、網膜脈絡膜萎縮症などその他の要因も関わっていることがわかった。

### 5. 考察

開発したアプリケーションを使用し、70歳以上の高齢者22名を対象とした色の明度差を用いた簡易検査システムの有効性を調査するための実験を行った。

実験結果から、文字色と背景色の間の明度差を変えた時の視認性と、異なる2種類の背景色(明背景・暗背景)で比較をした視認性について2つの点で検討を行う。

文字色と背景色の間の明度差を変えた時の視認性について、白内障の診断をされたことのある高齢者は、明背景で

は、両目とも画像7から明度差が小さくなるに従い、視認性が低下する傾向であった。この結果から、文字色と背景色の明度差を利用した白内障のスクリーニングが可能であると考えられる。

左右の目で全員がほぼ全て正確に答えることができた画像6の文字色と背景色の明度差は22であり、画像7は文字色と背景色の明度差が19であることから、今後明度差22から19の間の視認性の検討が必要と考える。

ただし、明背景の場合、健常高齢者や白内障手術経験者も似た傾向が見られた。

実験対象者の中の健常者グループも、平均年齢は76.8歳であり、眼科を受診していません自己判断の高齢者もいる。

初期混濁も含めた水晶体混濁有所見率は70歳代で84～97%と報告されていることから、自覚していない初期混濁の影響が、明度差を小さくすることで、得点の平均の減少に関与するのではないかと推測する。

また、明背景と暗背景の画像は、文字と背景の明度差や書かれているフォント形式、フォントサイズ、色相や彩度において統一しているため、背景色の明度の違いが、視認性に影響を与えていることが考えられる。

明背景・暗背景の間で比較を行うと、白内障と診断されたことのある高齢者は明背景より暗背景の方が、文字の認識が難しい。黒色文字に暗背景の画像を使用すると、白内障をより抽出しやすいことがわかった。

この理由として、水晶体の白濁は、光の透過率の低下をもたらす。機能的には、色覚に関与することから、暗所での形態認知と色認知の劣化がおこることがある<sup>10)</sup>。先行研究により、水晶体の濁りが、短波長域の感度を低下させ、青系色と黒との色識別が難しいことが確認されている。これらにより、暗背景に黒色文字を使用することで、文字の形態認知の低下が引き起こされたと考える。

## 6. まとめ

高齢化の進行による白内障罹患者の増加のために、白内障の早期発見や、視認性における日常生活への影響を定量的かつ簡便に行うシステムの開発を行い、フィールドテストにより本システムの有効性を確認した。

本実験結果より以下の知見が得られた。

①文字色と背景色の明度差を調節した画像9枚を用いて行ったところ、明背景では両目共に、ある一定の画像から文字の認識が低下し始めることがわかった。

②明背景と暗背景を使用した結果を比較すると、白内障と診断されたことのある高齢者は、明背景では見えていた文字が暗背景になると、視認性が低下することがわかった。

③文字色と背景色の明度差の同じ明背景、暗背景の画像を比較すると、全ての画像において、暗背景の方が得点率が低いことが明らかになった。

本研究では、自宅等で簡便に白内障の有無の可能性を調べることのできるシステムを目指した。本実験から、色の明度差を用いた白内障スクリーニングが可能であると考えられる。今後さらに、色の明度差を調節し、白内障の有無の可能性を確認できるよう進めていきたいと考える。

## 参考文献

(1) 内閣府、高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況(高齢者会白書)、2010

(2) 医療情報サービス Minds、2002

[http://minds.icqhc.or.jp/stc/0012/1/0012\\_G0000028\\_0021.ht](http://minds.icqhc.or.jp/stc/0012/1/0012_G0000028_0021.ht)

[ml](#)

(3) 大野重昭、『標準眼科学』、医学書院、2004

(4) 大森正子、加齢に伴う水晶体白濁度と光源色の色彩識別能力の検討、日本色彩学会誌、Vol134、2010

(5) 齊藤大輔、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、Vol43、No1、pp68-75、2005

(6) 篠森敬三、色覚の加齢効果、日本色彩学会誌、Vol27、No3、pp.216-223、2003

(7) 齊藤大輔、青色文字色に対する白内障手術前後と健常者の視認性比較、バイオメディカル・フィジィ・システム学会誌、Vol.9、NO.1、pp105-110、2007

(8) 池田和生、成田長人、加齢を考慮した情報画面の配色評価・補正支援装置、映像情報メディア学会誌、Vol.62、No7、pp1110-1115、2008

(9) 大田安雄、清水金郎、『色覚と色覚異常』金原出版株式会社、pp235-237、1992

(10) 高橋啓介、白内障疑似体験フィルタ装着時のグレアとコントラスト感度、医療福祉研究、Vol4、2008