

## OTON GLASS®性能評価研究<sup>※, ※※</sup>

本居快<sup>1)</sup>・服部玲奈<sup>2)</sup>・杉浦巧知<sup>2)</sup>・高橋啓介<sup>3)</sup>・川嶋英嗣<sup>3)</sup>

### Functional evaluation study report of OTON GLASS®

Kai MOTOORI, Rena HATTORI, Takuto SUGIURA,  
Keisuke TAKAHASHI and Hidetsugu KAWASHIMA

This study evaluated the fundamental functions of OTON GLASS®, a type of glasses visual assistance equipment designed to assist in reading. The following functions were evaluated: 1) minimum readable character size; 2) maximum readable viewing distance; 3) effective viewing angle; 4) exact reading ratios in rotating characters on the x, y, and z axes; 5) minimum contrast of characters; and 6) maximum readable character spacing. These functions of OTON GLASS® were evaluated by comparing the test results of an optical character recognition (OCR) smartphone application and those of the human subjects. The results showed that OTON GLASS® has a certain level of effectiveness in assisting patients with low vision or those who are visually impaired. In particular, it was found that when used outdoors, OTON GLASS® can possibly expand the range of independent action for visually impaired individuals. However, to make full use of its performance, it is necessary to provide specialized guidance for OTON GLASS®.

**Keyword :** ロービジョン, 視覚支援具, OTON GLASS®, 読字性能

Low Vision, Visual Assistance Equipment, OTON GLASS®, Reading Performance

#### I 問題と目的

##### I.1 ロービジョンと視覚支援具

視覚支援具は、ロービジョンを持つ患者が日常生活を円滑に行うために必要不可欠となっている。「拡大読書器」や「拡大鏡」などが代表的な支援具であり、これらは読みたい文字をロービジョンを持つ患者自身が読み取ることのできるサイズまで拡大することを目的としており、これらの支援具に対する需要は多い。しかし、拡大読書器や拡大鏡を用いたロービジョン支援を行うことのできる病院の数は限られているという現状がある。加えて、図1に示したように、器具の選定や練習など、訓練に多くの時間を要し、一度来院しただけで行うことはできず、複数回来院する必要がある(樋田, 2007)。

1) 愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科博士後期課程視覚科学専修

2) 愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科博士前期課程視覚科学専修

3) 愛知淑徳大学健康医療科学部視覚科学専攻

※ 本研究は愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科研究倫理審査委員会の審査を受け、承認されている(承認番号:2019-09)。また愛知淑徳大学利益相反マネジメント委員会の審査において「利益相反なし」との判定を受けている。

※※ 本研究を進めるにあたり、株式会社オトングラス代表取締役の島影圭佑氏、株式会社オトングラスの宮下恵太氏から装置の提供を受け、研究の実施にご協力いただいた。記して感謝します。

そこで、処方により容易な視覚支援具として OTON GLASS®が近年注目されている。OTON GLASS®とは、眼鏡の左側 temple に装着して使用する小型カメラ型の視覚支援具(cf: 図4)で、主に書類などの文字を音声化し視覚障がい者の生活支援に用いられている。OTON GLASS®の最大の利点として、使用方法の直感性がある。文字を代読する機能を持つ他の支援具にスマートフォンなどの OCR アプリ(光学文字認識アプリケーション・ソフト)機能がある。これらのデバイスでは、文字を確実に画面内に入れる必要があるが、ロービジョンを持つ患者にとって、撮影したい対象を確認しつつ画面内に読みたい対象がすべて入っているのかを確認する作業は至難である。また、アプリケーションによっては広告が途中に介入するものや、PDF 化など多様な機能が盛り込まれていることが多く、音声化するにはさらに別のボタンを押す必要があることから、巧く使いこなすには多くの訓練時間を要すると考えられる。一方 OTON GLASS®は、文字を音声化することに特化していることから、複雑な操作は必要とせず、眼鏡に装着されているカメラの横にあるボタンを押すだけで、顔の正面にある対象を読み取ることが可能である。対象を見つけることは可能だが、文字の判読が難しいロービジョンを持つ患者にとってかなり使いやすい仕様になっている。また、操作数が少ないことから IT 機器を使い慣れていない高齢者にも容易に使いこなせる仕様となっている。

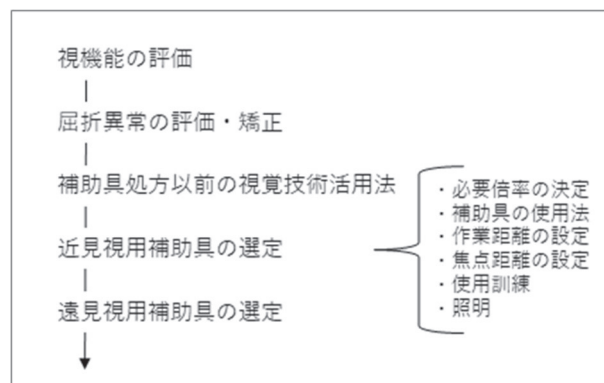


図1 ロービジョン支援フローチャート

(近見用支援具を選定するにあたって必要な行程)(樋田, 2007)

本研究は、OTON GLASS®の性能評価を行い、その基礎データに基づいて、OTON GLASS®の機能を容易に最大限引き出す比較的容易な使用上の留意点についてまとめ、OTON GLASS®を用いたロービジョン指導に必要な方法を提案することを目的とした。

## 1.2 OTON GLASS®性能評価

OTON GLASS®は、眼鏡に装着する小型カメラによって文書を撮影し、OCR 機能を利用して撮影した写真から言語情報を抽出し音声化するという仕組みで機能している。OTON GLASS®にも使用されている OCR 機能は、様々な企業が技術開発をしており、手書き読み取り可能なソフトや訂正印の読み取り削除など、使用ソフトによっても性能に差がある。さらに、iPhone などの OCR アプリ機能を使用する場合、基本的には視対象にカメラを向け、画角を調整し、ピントを確認して、手振れに気をつけながら撮影し、読み上げや保存の処理を行う場合がほとんどである。OTON GLASS®は、眼鏡装着型 OCR であり、スマートフォン・カメラのような画角やピントを調整する必要がなく、顔の正面にある対象の読み取りが可能であるため、利用に関する直感性が高く、外出時にも手軽に利用することができる。他方、高度なカメラ機能を備えたスマートフォンの OCR アプリと比較すると、文字撮影時の振れや環境光、文字の傾きなど、多くの読み取りエラーを引き起こす要因の混入が予想される。また、OTON GLASS®使用者として想定されるロービジョンを持つ患者は、視覚情報から視対象を空間的に定位することが難しいため、上記のエラー要因が大きく影響すると考えられる。

そこで、OTON GLASS®を構成するカメラの性能と言語 AI の現時点での限界を調査するため、

①「最小可読文字サイズ」、②「最大可読距離」、③「有効視野角」、④「文書の傾きと読字率(x 軸の回転度)」、⑤「文書の傾きと読字率(y 軸の回転度)」、⑥「文字の回転角度別の読字率(z 軸の回転度)」、⑦「最小可読文字コントラスト」、⑧「最大可読文字間隔」、⑨「最大可読文字間隔(長文条件)」を、MNREAD-J と PC で作成した MNREAD-J 準拠刺激とを使用して測定した。本研究では、ロービジョン支援具としての OTON GLASS®の有効性について検討するため、対象者の視力値相当の文字ポイントサイズを測定することが可能な、MNREAD-J の文字サイズを基準とした。加えて、測定しようとする機能に応じて、スマートフォンの OCR アプリ、あるいはヒトの視覚情報処理能力、またはその両者との比較によって OTON GLASS®の読み取り処理能力の特性について検討した。なお、本研究で機能評価対象とした OTON GLASS®は 2019 年春に発表された機種、OTON GLASS®2019spring とした。また比較対象とする OCR アプリは iPhone 用アプリケーション・ソフトで、2019 年 6 月現在に配信されている、フリーソフトの中から、操作性が単純で使用が容易なものとして、「写真の翻訳・画像から文字を認識する Ver.1.0.2」(Tiemei Yan)とした。OCR アプリを起動させる機器は、iPhone XS Max(Apple)を用いた。

## II 背景

### II.1 文字サイズの定義

本実験で文字サイズを設定するにあたって、MNREAD-J(小田・今橋, 1995; 小田, 2002)を基準に用いた。以下に MNREAD-J の文字サイズの定義について述べる。

MNREAD(Legge *et al.*, 1989)は、ロービジョンを持つ患者や晴眼者の標準的な読書速度、読書に必要な最適文字サイズ、ぎりぎり読書ができる文字サイズを測定することができる、眼科臨床で使用される一般的な検査用具である。MNREAD-J は、10 列 3 行の計 30 文字からなる漢字仮名交じり文で、30 cm の標準視距離から読んだ場合に、1.3 から -0.5 logMAR の視力値相当の対象者が読むことが可能な文字サイズで作られている。本実験の目的は OTON GLASS®の性能評価を行い、OTON GLASS®をロービジョン支援に適用する処方を確認することである。そのため、ロービジョンを持つ患者の視力から必要文字サイズを推定することに有効な MNREAD-J を用い、実験設定上、MNREAD-J を用いることが難しい場合には、MNREAD-J の文字サイズ、フォントを基準として PC 上で再現した刺激を用いて実験を行った。実験で使った MNREAD-J を図 2 に例示する。

表 1 視距離 30 cm における視力と point サイズ、文字の視覚サイズの対応関係

logMAR視力	小数視力	必要文字point	文字の視覚サイズ(°)
1.30	0.05	55.39	3.79
1.20	0.06	43.99	3.01
1.10	0.08	34.94	2.39
1.00	0.10	27.75	1.90
0.90	0.13	22.04	1.51
0.80	0.16	17.51	1.20
0.70	0.20	13.91	0.95
0.60	0.25	11.05	0.76
0.50	0.32	8.78	0.60
0.40	0.40	6.97	0.48
0.30	0.50	5.54	0.38
0.20	0.63	4.40	0.30
0.10	0.79	3.49	0.24
0.00	1.00	2.78	0.19
-0.10	1.26	2.20	0.15
-0.20	1.58	1.75	0.12
-0.30	2.00	1.39	0.10

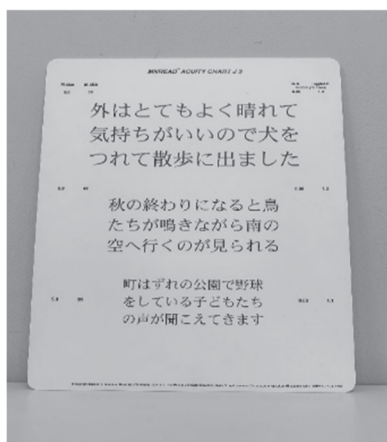


図 2 実験で使った MNREAD-J

MNREAD-J では、視距離 30 cm を基準に文字サイズを定義しており、以下の計算方法で文字 point サイズを算出している。

視角 =  $10^{\log \text{MAR}} \times 11.4$  (分)

$\log \text{MAR}$  = 最小分離角 (視角 : 分) の常用対数

point サイズ =  $\tan(10 \times \log \text{MAR} \text{ 値} \times 5/60 \times \pi/180) \times 1908$

上記の式に基づくと、必要文字サイズは分解能の 11.4 倍の視角サイズとなる(小田, 2002)。  
表 1 に視距離 30 cm における視力と point サイズ、視覚サイズとの対応関係を示す。

## II. 2 文字回転角度の定義

本研究では文字の回転角度についての実験を含んでいる。回転方向について定義する。実験 4, 5, 6 では刺激の回転角度に対する読み取り率を検討した。図 3 に各実験で用いた刺激呈示角度の座標軸の定義を示す。実験 4 では x 軸回転、実験 5 では y 軸回転、実験 6 では z 軸回転の角度について検討した。

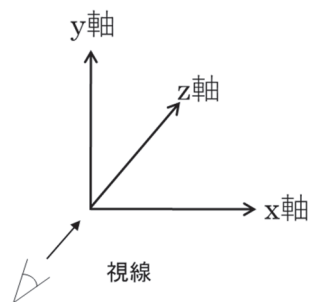


図 3 各実験設定における測定角度の定義

## III OTON GLASS®の性能評価実験

### III.1 実験 1 最小可読文字サイズの検討

#### III.1.1 目的

OTON GLASS®と OCR アプリの視距離 30 cm(近見視)での最小可読文字サイズを測定し、日常場面での使用に十分耐えうるかについて評価した。また晴眼者のデータと比較し、文字読み取りに関して、支援具としての限界についても併せて検討した。

#### III.1.2 方法

##### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring および OCR アプリを用いた。

##### ◆ 被験者

眼球運動に障害のない、矯正視力 1.0 以上の 1 名(24 歳)。

##### ◆ 実験環境設定

図 4 に、実験 1 で使用した装置を示した。実験 1 では、MacBook Air(MREF2J/A:Apple, 解像度 2560×1600pixel, 画面サイズ 28.6×18.0 cm)に刺激を呈示し、OTON GLASS®は、PC 画面中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様に PC

画面中心に対してカメラが直交する位置となるように設置し固定した。台座は、OTON GLASS®を直立に固定できるものを用いた。また、被験者については両眼視下で鼻根部が PC 画面中心に対して直交する位置となるように顎台を調節した。実験は明室（刺激呈示面照度 759.20 lx）で実施した。

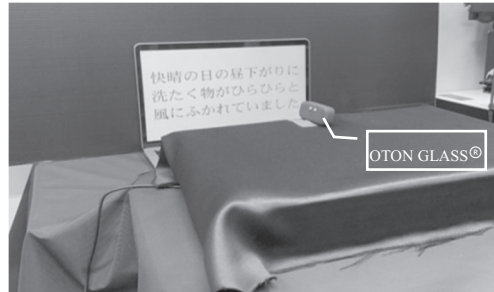


図 4 実験 1 で使用した装置

#### ◆ 刺激

PC で作成した MNREAD-J 準拠の刺激を使用し、PC 画面中央に配置した。背景は白地(平均輝度 165.80 cd/m<sup>2</sup>)で、文字色は黒(平均輝度 1.15 cd/m<sup>2</sup>)を用いた。文字コントラスト(Michelson contrast)は 98.4%であった。

#### ◆ 実験条件

独立変数として観察条件を設定し、OTON GLASS®, OCR アプリ、被験者の 3 水準を設定した。

#### ◆ 手続き

OTON GLASS®, OCR アプリ条件では、これらの機器を台座に固定し、PC 画面からの距離を 30 cm に設定した。刺激を音声化させ、100%読み取り可能な最小可読文字サイズを求めた。被験者条件では、顎台を用い、PC 画面に対する視距離を 30 cm に設定し、刺激を読字させ、100%読み取り可能な最小可読文字サイズを求めた。測定方法として極限法の下降系列を用いた。

### Ⅲ. 1. 3 結果

実験 1 では、視距離 30 cm での各観察条件における最小可読文字サイズを測定した。図 5 に各観察条件における視距離 30 cm での最小可読文字サイズを示した。この図では縦軸の最小可読文字サイズが増加するほど、読み取り時に大きい文字を呈示する必要があることを示している。

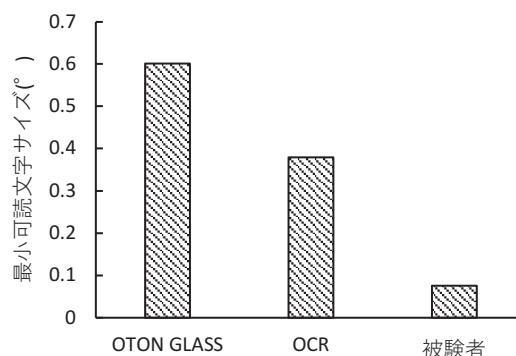


図 5 視距離 30 cm での各観察条件における最小可読文字サイズ(視角°)

図 5 に示された通り、OTON GLASS®条件では視角 0.60°，OCR アプリ条件では視角 0.37°，被



験者条件では視角  $0.08^\circ$ まで読み取り可能であった。

### Ⅲ.1.4 考察

以上の結果から、視距離 30 cm における最小可読文字サイズは、OTON GLASS®で視角  $0.60^\circ$ ，OCR アプリで視角  $0.37^\circ$ であり、OCR アプリの方が OTON GLASS®よりも最小可読文字サイズが小さいことが示された。しかしいずれの支援具も晴眼者の最小可読文字サイズ  $0.08^\circ$  に比べて、その性能が大きく劣ることが示された。OTON GLASS®は視力 0.5 logMAR，OCR アプリは 0.3 logMAR の視力に相当する分解能を有しているとみなせる。限界文字サイズは、撮影しているカメラの解像度などによって変動するため、OCR アプリ条件において用いた「iPhone XS Max」のカメラ解像度は OTON GLASS®に比べ、高いことが認められた。しかし、一般的に使用されている行政書類や手紙などの文字サイズは 10.5 point(Microsoft 社 Word のデフォルト文字サイズ)であり、視距離 30 cm では視角サイズ  $0.71^\circ$  に相当することを考慮すると、OTON GLASS®の最小可読文字サイズは、十分それに対応できる精度であり、最小可読文字サイズについては、OTON GLASS®は日常場面での使用には十分な性能を有していると評価できる。

## Ⅲ.2 実験2 視距離別の最小可読文字サイズの検討

### Ⅲ.2.1 目的

実験1の結果から、視距離 30 cmにおける OTON GLASS®の最小可読文字サイズは、視角  $0.60^\circ$ であることが示され、日常における近見場面での OTON GLASS®の一定の有用性が示された。しかし、OTON GLASS®に用いられているレンズの焦点距離から外れた視距離では、視距離 30 cm で示された性能が劣化する可能性がある。そこで、実験2では OTON GLASS®の最大可読距離を測定するとともに、各視距離条件における、最小可読文字視角を測定した。

### Ⅲ.2.2 方法

#### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring を用いた。なお、OCR アプリは望遠など iPhone のカメラ機能に依存した性能を示すため、実験2の実験状況では適切な比較対象ではないと判断した。

#### ◆ 実験環境設定

実験2では、紙刺激を呈示して行った。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。台座は、カメラ用の三脚を用い上下の傾き、左右の傾き、x, y, z の回転軸を微調整できるものを用いた。実験は明室(刺激呈示面照度 759.20 lx)で実施した。

#### ◆ 刺激

印刷した文字刺激を使用した。屋外での使用を想定した場合に求められる機能として、看板等の読み取りが考えられる。その刺激として、「出入口」「非常口」「案内所」「手洗い」と、公共施設などの案内板に比較的高頻度で使用されている文字を選出した。また、視距離を大きく取る必要から呈示する刺激サイズが物理的に大きくなるため、文字数は3文字に設定した。背景は白地(平均輝度  $183.72 \text{ cd/m}^2$ )で、文字色は黒(平均輝度  $11.99 \text{ cd/m}^2$ )を用い、文字コントラスト(Michelson contrast)は 87.74%であった。

#### ◆ 実験条件

独立変数として、視距離条件を 1~10 m間で 1 m刻みの 10 段階設定した。

#### ◆ 手続き

各視距離条件において、視距離 30 cm における最小可読文字視角の文字を呈示し、読み取れた場合は、文字視角を  $0.03^\circ$  ステップで小さくし、読み取れなかった場合は、文字視角を  $0.03^\circ$  ステップで大きくする上下法によって、各視距離条件での最小可読文字視角を求めた。

### Ⅲ.2.3 結果

図 6 に視距離に伴う最小可読文字視角サイズの変化を示した。図 6 では縦軸の最小可読文字視角サイズが増加するほど、読み取り時に大きい文字を呈示する必要があることを示している。図に示した視角  $0.60^\circ$  の点線は、視距離 30 cm の時の最小可読文字視角で、各視距離条件での最小可読文字視角サイズの基準値として示した。3 m～10 m の範囲で視距離が変わっても最小可読文字視角サイズは一定であった。しかし、1 m～2 m の視距離条件において、実験 1 で測定された最小可読文字視角サイズより、大きい文字視角サイズが必要であることが示された。

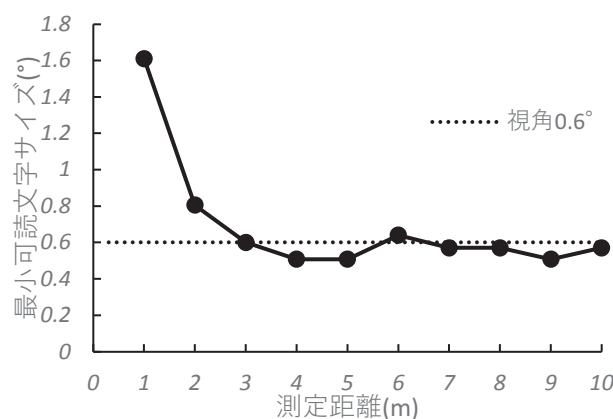


図 6 視距離に伴う最小可読文字視角サイズの変化

### Ⅲ.2.4 考察

実験 2 では、OTON GLASS®の最大可読距離を測定するとともに、各視距離条件における、最小可読文字視角を測定した。その結果、3 m 以上の測定距離においても実験 1 の視距離 30 cm において測定された最小可読文字視角サイズを保持し、視距離に関係なく文字を読み取ることが可能であることが示された。ヒトの場合でも視距離 30 cm の近見において求められる臨界文字サイズと同じ視角が保持されていれば、視距離が遠見の 5 m と大きくなっても読字可能であることが示されており(氏間ら,2007), OTON GLASS®も同様の特性を持っていることが明らかとなった。さらに実験 2 では、氏間ら(2007)よりも大きな視距離においても上記性能を維持していることが確認され、OTON GLASS®が屋外での有用性を保持していることが示された。

一方で、1 m～2 m の測定距離条件において、実験 1 で測定された最小文字視角サイズより、大きい文字視角サイズが必要であることが示された。その理由としてレンズの焦点距離の問題などが考えられるが、その原因を特定することはできなかった。

## Ⅲ.3 実験 3 最大有効視野角の検討

### Ⅲ.3.1 目的

OTON GLASS®の最大有効視野角を測定し、日常場面で使用できる十分な視野角が確保されているか検討した。また、OTON GLASS®台座固定時と装着時とを比較して、有効視野が変化するか否かについても検討した。

### Ⅲ. 3. 2 方法

#### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring を用いた。なお、OCR アプリは画角調整など iPhone のカメラ機能に依存した性能を示すため、実験 3 の実験状況では適切な比較対象ではないと判断した。

#### ◆ 実験環境設定

図 7 に、実験 3 での実験環境設定を示した。実験 3 は、広範囲に刺激を配置するために液晶 TV(MultiSync V422 (NEC), リフレッシュレート 60 Hz, 解像度 1920×1080 pixel, 画面サイズ 93.0×52.5 cm)に刺激を呈示した。OTON GLASS®は、液晶 TV 画面中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。また、装着時については両眼視下で装着者の鼻根部が液晶 TV 画面中心に対して直交する位置となるように顎台を調節した。

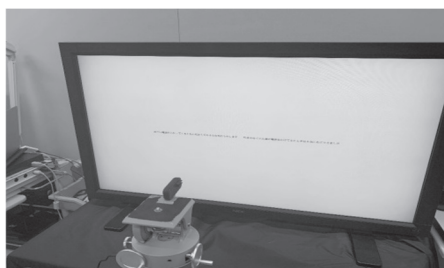


図 7 実験 3 で使用した装置

#### ◆ 刺激

文字サイズは、使用した液晶 TV の解像度の問題から OTON GLASS®が確実に読み取ることが可能なサイズである視角サイズ 1.50° (22.0 point)に設定した。背景は白色(平均輝度 159.80 cd/m<sup>2</sup>), 文字色は黒(平均輝度 1.90 cd/m<sup>2</sup>), 文字コントラスト(Michelson contrast)は 97.6%で呈示した。「夜中に電話がかかってくるとなんだかとても不安な気持ちになります 昨夜遅くに友達が電話をかけてきたときは本当におどろきました」という 1 種類の文書を横 1 行で水平方向の視野に収まらないように呈示した。

#### ◆ 実験条件

独立変数として観察条件を設定し、OTON GLASS®台座固定、OTON GLASS®装着の 2 水準を設定した。

#### ◆ 手続き

OTON GLASS®台座固定条件では、OTON GLASS®を台座に固定し、液晶 TV 画面との距離を 30 cmに設定した。OTON GLASS®装着条件では、実験者が OTON GLASS®を眼鏡の左テンプルに装着し、顎台を用いて、液晶 TV 画面と OTON GLASS®との距離を 30 cm に設定した。いずれの観察条件でも刺激を音声化させ、呈示した刺激を完全に読み取ることのできた水平方向・垂直方向の範囲を測定した。水平方向の範囲は、呈示した 1 行の刺激文字列の内、何文字分読み取ることができたのかによって最大有効視野角を求め、垂直方向の範囲は、読み取り可能範囲外から 1 行ずつ読み取り可能範囲の方向に 1 行の刺激文字列を接近させる極限法の下降系列によって、最大視野角を求めた。



### Ⅲ. 3. 3 結果

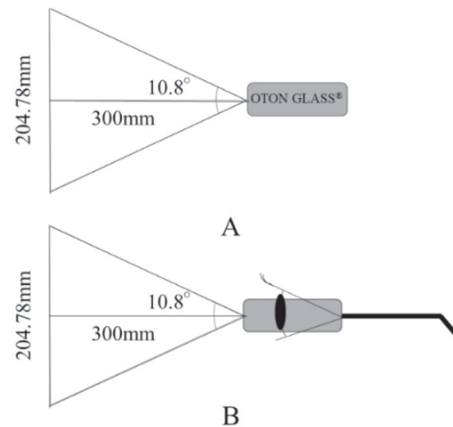


図 8 OTON GLASS®台座固定時と OTON GLASS®装着時の上下方向有効視野  
 上図 A : OTON GLASS®台座固定時の上下方向有効視野  
 下図 B : OTON GLASS®装着時の上下方向有効視野

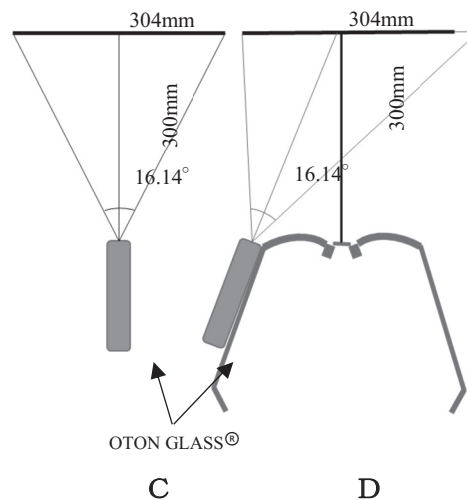


図 9 OTON GLASS®台座固定時と OTON GLASS®装着時の水平方向有効視野  
 左図 C : OTON GLASS®台座固定時の水平方向有効視野  
 右図 D : OTON GLASS®装着時の水平方向有効視野

図 8 に各観察条件における上下方向有効視野角の結果を示した。OTON GLASS®台座固定時条件，OTON GLASS®装着時条件ともに上下方向 10.84°の範囲に存在する文字を読み取り可能であることが示された。また，図 9 に各観察条件における水平方向有効視野角の結果を示した。OTON GLASS®台座固定時条件，OTON GLASS®装着時条件ともに水平方向 16.14°の範囲に存在する文字を読み取り可能であることが示された。

### Ⅲ. 3. 4 考察

実験 3 では，各観察条件における最大有効視野角を測定した。その結果，OTON GLASS®を顔に装着して使用した場合でも，OTON GLASS®を台座に固定した理想的な測定方法に比べて有効視野が狭くなるなどの影響は生じなかった。

実験3で測定された有効視野からA4サイズの範囲を全部読み取るには視距離約60.0 cm, A4プリントの余白設定が標準的である場合(印字面サイズ:縦26.0 cm×横15.0 cm)は視距離約40.0 cm必要であることを示している。ヒトの視覚情報処理において、眼球運動を制限した場合の文字を読むときの有効視野範囲は、Ikeda & Saida(1978)によると約10°と報告されている。結果に示した通り、OTON GLASS®は読字視野が16.14°であり、ヒトの文字情報処理視野範囲より広範囲である点で、視覚拡張デバイスとして有効であると考えられる。

また、OTON GLASS®装着条件において、眼鏡の左側にカメラが設置されることで、正面より右方向に角度がついたことによる、有効視野が右側に拡大することが期待されたが、カメラの撮影角度が広がると周辺に行く程文字化けが大きくなり生じたことから、有効視野の拡大につながらなかった。装着者の顔の幅によっても、テンプルの広がりから、対象に対するカメラの角度が変動することによって、有効視野も変動することが予測される。

そこで、OTON GLASS®による読み取りに、文字呈示面の傾斜角度がどのように影響するのかについて、以下の実験において検討した。

### Ⅲ.4 実験4 文書の傾きと読字率の検討(x軸の回転度)

#### Ⅲ.4.1 目的

ロービジョンを持つ患者は、視野欠損や視力障害から視覚情報に基づく視対象の空間定位が難しい場合が考えられる。また実験3の結果から、刺激に対するカメラの撮影角度が大きくなると文字化けにより読み取り不可能になる場合が認められた。そこで、カメラに対して文書が傾いていた場合、どの程度の傾きまで読み取り処理が可能であるか検討した。実験4では、机上に置かれた文書などを斜め上方から読む場合などに生じるx軸回転角の影響について検討した。

#### Ⅲ.4.2 方法

##### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring およびOCR アプリを用いた。

##### ◆ 被験者

被験者は眼球運動に障害のない、矯正視力1.0以上の3名(平均年齢23.0歳,  $SD=1.0$ )。

##### ◆ 実験環境設定

図10に実験4での実験設定を示した。刺激中心と装置の視距離は30 cmに設定した。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCRアプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。また、被験者については両眼視下で鼻根部が刺激中心に対面する位置となるように顎台を調節した。実験は明室(呈示角度0°での刺激呈示面照度857.00 lx)で実施した。刺激は、呈示角度を変動可能な台座に固定し、角度計によって刺激呈示角度を設定した。実験4では前額平行面に刺激が平行な場合を0°としてx軸回転について検討した(図3)。

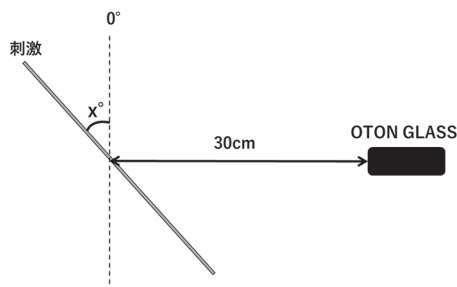


図10 真横から見た場合の実験4での実験設定

## ◆ 刺激

刺激は、MNREAD-J を台座に固定し、装置に対する刺激呈示 x 軸回転角度を検査表の中心を通る線を軸として変動させた。MNREAD-J は、白背景(平均輝度 166.81 cd/m<sup>2</sup>)、黒文字(平均輝度 0.41 cd/m<sup>2</sup>)で、文字コントラスト(Michelson contrast)99.5%であった。

## ◆ 実験条件

独立変数として観察条件と文字サイズ条件を設定した。観察条件は、OTON GLASS®, OCR アプリ、被験者の 3 水準、文字サイズ条件は、MNREAD-J の -0.3~1.3 logMAR に対応する 0.10~3.79°の文字視角サイズ 17 段階を設定した(表 1)。

## ◆ 手続き

観察条件、OTON GLASS®, OCR アプリ条件では、各機器を台座に固定し、刺激中心との距離を 30 cmに設定した。刺激を音声化させ、呈示した刺激を完全に読み取れる刺激の呈示角度を測定した。被験者条件では、顎台を用いて被験者の顔を固定し、刺激中心との距離を 30 cmに設定した。刺激を音読させ呈示された刺激を完全に読み取れる刺激の呈示角度を測定した。測定方法には、極限法の上昇系列を用いた。

## Ⅲ. 4. 3 結果

図 11 に、各観察条件における最大可読角度の文字サイズ(logMAR)に伴う変化を示した。前額平行面に平行な場合を刺激呈示角度 0°とし、傾斜度が大きくなるに従って角度値が大きくなるように図示した。

図 11 より、OTON GLASS®では、最小可読文字サイズ 0.5 logMAR(視角サイズ 0.60°)では、x 軸の回転角度を 10.0°の範囲に収める必要があることが示された。OTON GLASS®条件は、OCR アプリ条件と比較すると 1.0 logMAR(視角サイズ 1.90°)までほとんど同じ x 軸の回転角度で読み取り可能であるが、OTON GLASS®の最小可読文字サイズ 0.5 logMAR では、OCR アプリ条件の方が 67.50°と角度が大きくなっても対応可能であることが示された。しかし、OTON GLASS® と OCR アプリのいずれもヒトに比べて、x 軸回転に対する耐性が低いことが示された。

ヒトの x 軸回転に対する耐性に関して検討するために、被験者条件についてのみ、最大可読回転角度に対する文字サイズ(logMAR)の効果について一元配置分散分析を実行したところ、文字サイズの効果が有意であった( $F_{(14,30)}=5.679, p<.001$ )。多重比較および図 11 によると、0.0 logMAR (視角サイズ 0.19°) から有意に最大可読回転角度が低下することが認められた。

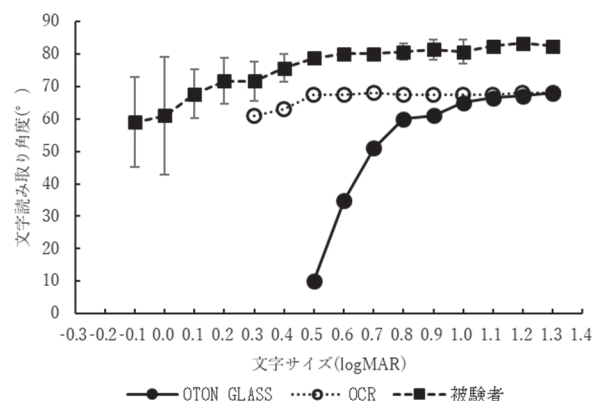


図 11 各観察条件における最大可読 x 軸回転角度の文字サイズ(logMAR)に伴う変化

### Ⅲ. 4. 4 考察

視距離 30 cm でカメラに対して対象が傾いていた場合、OTON GLASS®の最小可読文字サイズ 0.5 logMAR では、x 軸回転角度を 10.0°の範囲に収める必要があることが示された。日常場面では視対象を可能な限り前額平行面に対して平行に置くことが望ましいと考えられる。

## Ⅲ. 5 実験 5 文書の傾きと読字率の検討(y 軸の回転度)

### Ⅲ. 5. 1 目的

実験 4 では、机上に置かれた文書を斜め上方から見る場合に生じる x 軸回転角の OTON GLASS®の読字に及ぼす影響を検討した。実験 5 では、ロービジョンを持つ患者が主に屋外で活動する時に想定されるもう 1 つの文書の傾きである y 軸回転角の影響について検討する。ロービジョンを持つ患者は、自身の前額平行面に平行となる視対象の位置を確定することが難しく、視対象を斜め側方から見る可能性が高い。その時に生じるのが y 軸回転角である。実験 5 では、カメラに対して文書が y 軸回転方向に傾いていた場合どの程度の傾きまで読み取り処理が可能であるか検討した。

### Ⅲ. 5. 2 方法

#### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring および OCR アプリを用いた。

#### ◆ 被験者

被験者は眼球運動に障害のない、矯正視力 1.0 以上の 3 名(平均年齢 23.0 歳,  $SD=1.0$ )。

#### ◆ 実験環境設定

図 12 に本実験における実験設定を示した。

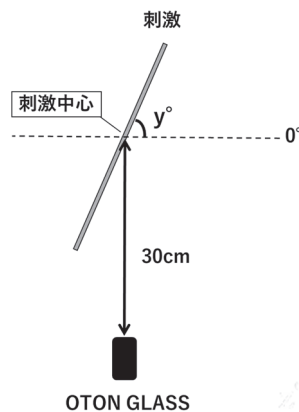


図 12 真上から見た場合の実験 5 における実験設定

刺激中心と機器との距離は 30 cm に設定した。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。また、被験者については両眼視下で鼻根部が刺激中心に対面する位置となるように顎台を調節した。実験は明室（呈示角度 0°での刺激呈示面照度 857.00 lx）で実施した。刺激は、呈示角度を変動可能な台座に固定し、角度計によって刺激呈示角度を設定した。実験 5 では前額平行面に刺激が平行な場合を 0°として y 軸回転について検討した(図 3)。

## ◆ 刺激

刺激は、MNREAD-Jを台座に固定し、装置に対する刺激呈示z軸回転角度を検査表の中心を通る垂線を軸として変化させた。MNREAD-Jは、白背景(平均輝度 166.81 cd/m<sup>2</sup>)、黒文字(平均輝度 0.41 cd/m<sup>2</sup>)で、文字コントラスト(Michelson contrast)99.5%であった。

## ◆ 実験条件

独立変数として、観察条件、文字サイズ条件を設定した。観察条件はOTON GLASS®, OCRアプリ、被験者の3水準、文字サイズ条件はMNREAD-Jの-0.3~1.3 logMAR に対応する 0.10~3.79°の文字視角サイズ 17 段階(表 1)を設定した。

## ◆ 手続き

OTON GLASS®, OCR アプリ条件では機器を台座に固定し、PC モニターに呈示された刺激中心との距離を 30 cm に設定した。刺激を音声化させ、呈示した刺激を完全に読み取れる刺激の呈示角度を測定した。被験者条件では、顎台を用いて被験者の顔を固定し、PC モニターに呈示された刺激中心との距離を 30 cm に設定した。刺激を音読させ、呈示された刺激を完全に読み取れる刺激の呈示角度を測定した。測定方法には極限法の上昇系列を用いた。

## Ⅲ. 5. 3 結果

図 13 に、各観察条件における最大可読角度の文字サイズ(logMAR)に伴う変化を示した。前額平行面に平行な場合を刺激呈示角度 0°とし、傾斜度が大きくなるに従って、角度値が大きくなるように図示した。

図 13 より、OTON GLASS®では、最小可読文字サイズ 0.5 logMAR(視角サイズ 0.60°)では、y 軸の回転角度を 44.0°の範囲に収める必要があることが示された。OCR アプリ条件と比較すると、OTON GLASS®条件では、0.7 logMAR(視角サイズ 0.95°)まではほとんど同じ y 軸の回転角度で読み取り可能であるが、OTON GLASS®の最小可読文字サイズ 0.5 logMAR では、OCR アプリ条件の方が 65.0°まで回転角度が大きくなった場合でも対応可能であることが示された。しかし、OTON GLASS®, OCR アプリのいずれもヒトに比べて、y 軸回転に対する耐性が低いことが示された。

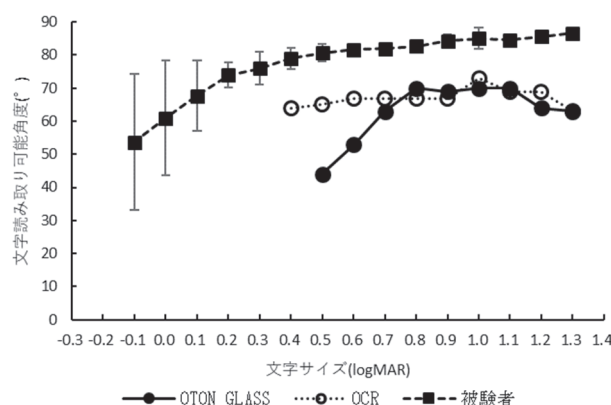


図 13 各観察条件における最大可読 y 軸回転角度の文字サイズ(logMAR)に伴う変化

ヒトの y 軸回転に対する耐性に関して検討するために、被験者条件についてのみ、最大可読回転角度に対する文字サイズ(logMAR)の効果について一元配置分散分析を実行したところ、文字サイズの効果が有意であった( $F_{(14,30)}=7.023, p<.001$ )。多重比較および図 13 によると、0.1 logMAR(視角サイズ 0.24°)から有意に最大可読回転角度が低下することが認められた。



### Ⅲ.5.4 考察

日常場面で高頻度で発生すると予測される文字面の回転は x 軸回転と y 軸回転である。そこでこうした文字面の回転の影響を検討するために、ここでは、実験 4、実験 5 の結果を総合的に考察する。

視距離 30 cm でカメラに対して文書が傾いていた場合、OTON GLASS®の最小可読文字サイズ 0.5 logMAR(視角サイズ 0.60°)では、y 軸の回転角度を 44.0°の範囲に収める必要があることが示された。実験 4 で測定された x 軸の回転角度については、最小可読文字サイズ 0.5 logMAR において、x 軸の回転角度を 10.0°の範囲に収める必要があることが確認されており、OTON GLASS®は、x 軸方向の回転の読み取りには弱く、y 軸方向の回転の読み取りは相対的に強いことが示唆された。

実験 5 の結果から、OTON GLASS®の仕様上、左側に装着されたカメラの傾きは、文字の読み取りにほとんど影響せず、読み取り対象を手で持つときや、机に置いて使用するときの x 軸方向の角度に対し注意しなければならないことが示唆された。

加えて、被験者条件における最大可読回転角度に対する文字サイズ(logMAR)の効果を実験 4 の結果と比較すると、最大可読回転角度は x 回転では 0.0 logMAR(視角サイズ 0.19°)から有意な低下を示すのに対し、y 軸回転では 0.1 logMAR(視角サイズ 0.24°)から有意な低下を示した。このことは、ヒトの場合、x 軸回転に比べ y 軸回転の方が不利である可能性を示唆するものと考えられる。

### Ⅲ.6 実験 6 文字の回転角度別の読字率(z 軸の回転度)

#### Ⅲ.6.1 目的

ロービジョンを持つ患者では、全盲の患者と同様、正面に存在する視対象の文字情報が正立していることを確認できない場合がある。そのような患者にとって OTON GLASS®には文字が上下逆転している場合であっても、文字を読み取る能力が求められる。そこで、文字列の z 軸回転角度が読み取り時にどの程度影響するか検討した。

#### Ⅲ.6.2 方法

##### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring および OCR アプリを用いた。

##### ◆ 被験者

被験者は眼球運動に障害のない、矯正視力 1.0 以上の 3 名(平均年齢 23.0 歳( $SD=1.0$ ))。

##### ◆ 実験環境設定

刺激中心と機器との距離は 30 cm に設定した。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。台座は、カメラ用の三脚を用い上下の傾き、左右の傾き、x、y、z の回転軸を微調整できるものを用いた。また、被験者については両眼視下で鼻根部が刺激中心に対面する位置となるように顎台を調節した。実験は明室(呈示角度 0°での刺激呈示面照度 759.20 lx)で実施した。刺激は、呈示角度を変動可能な台座に固定し、角度計によって刺激呈示角度を設定した。実験 6 では前額平行面に刺激が平行な場合を 0°として z 軸回転について検討した(図 3)。

なお、OTON GLASS®および OCR アプリでの測定では、図 14 に示したように、文字の回転角度 45°条件では、刺激を回転させるのではなく、三脚を用いてカメラ自体を回転させることにより設定した。被験者での測定では刺激を回転させた。

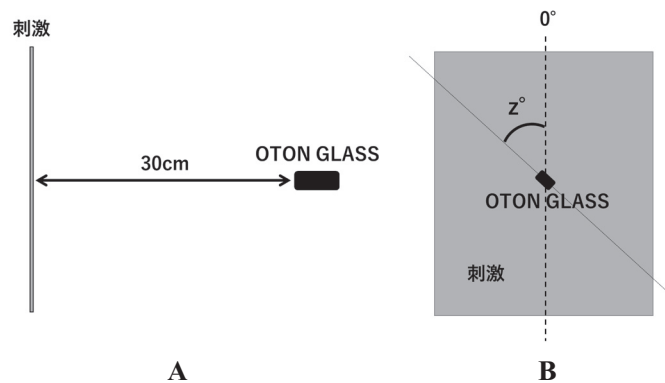


図 14 実験 6 における実験設定

A : 横から見た模式図      B : 正面から見た模式図

## ◆ 刺激

刺激は、MNREAD-J の 3 行の文字列の 1 行目と 3 行目とを遮蔽し、横 1 列の文字刺激を使用した。文字サイズは視角  $0.76^\circ$  で、背景は白地(平均輝度  $166.81 \text{ cd/m}^2$ )で、文字色は黒(平均輝度  $0.41 \text{ cd/m}^2$ )、文字コントラスト(Michelson contrast)は 99.5%であった。

## ◆ 実験条件

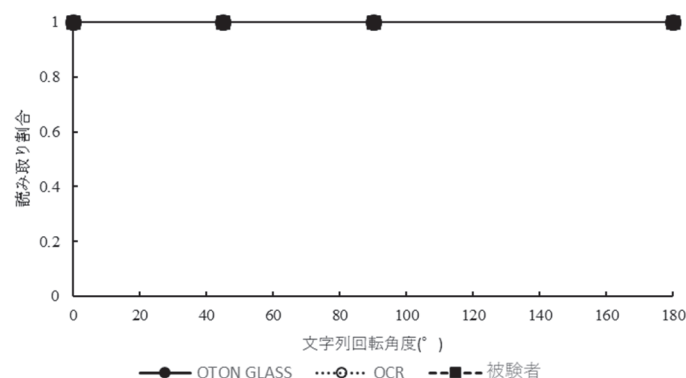
独立変数として観察条件と文字の回転角度条件とを設定した。観察条件は OTON GLASS®, OCR アプリ、被験者の 3 水準、文字の回転角度条件は  $0^\circ$ (直立),  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ (横向),  $180^\circ$ (上下反転)の 4 水準を設定した。

## ◆ 手続き

OTON GLASS®, OCR アプリ条件では、機器を台座に固定し、刺激中心との距離を 30 cm に設定した。刺激を音声化させ、呈示した刺激を完全に読み取れる文字列の  $z$  軸回転角度を測定した。被験者条件では、顎台を用いて被験者の顔を固定し、刺激との距離を 30 cm に設定した。刺激を音読させ呈示された刺激を完全に読み取れる文字列の角度を測定した。測定方法には極限法の上昇系列を用いた。

## Ⅲ. 6.3 結果

図 15 に、各観察条件における読み取り割合の文字列回転角度に伴う変化を示した。実験 6 では、観察条件ごとの各文字の回転角度条件における読み取り割合を測定した。その結果、図 15 に示したように、すべての観察条件において、文字の回転角度条件  $0^\circ$ (直立),  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ (横向き),  $180^\circ$ (上下反転)で読み取り割合は 1.0 であった。

図 15 各観察条件における読み取り割合の文字列の  $z$  軸回転角度に伴う変化

### Ⅲ.6.4 考察

以上の結果から、どの文字列 z 軸回転角度条件でも読み取り可能であることが示された。このことは誤って対象物が上下反転、横向きで読み取り開始した場合であっても対応可能という点で、文字は読めないが対象物は知覚できる人から全盲の人まで幅広く OTON GLASS®を使用できる可能性の高いことを示唆する。

本実験の刺激呈示状況は、文字の心的回転事態である。回転呈示された文字が正像か否かの判断を求める場合、その反応時間は倒立(180°)を最大値として、回転角度に伴って増大することが確認されている(Cooper & Shepard, 1973)。また、同様の傾向が表意文字である漢字においても確認されている(長谷川・久野, 2018)。しかし、実験6における測定では、反応時間を問題とせず読みの正確さだけを問題とした。この場合、被験者条件においても回転角度の効果は認められなかった。OTON GLASS®, OCR アプリについては、ヒトのような情報処理系の特性としての心的回転効果を基本的に考慮する必要はないと考えられるので、日常場面における使用については有用性を持つと考えられる。

加えて、文字刺激の遮蔽を外して3行の文字刺激を呈示し、OTON GLASS®による読み取りが可能であるかを試みたところ文字の回転角度 45°条件において、呈示された文字はすべて読み取り可能であるが、段落の場所が読み取り不明になり、読み順がばらばらになる事例が認められた。本事例は、言語 AI が文字情報を文章としてとらえているのではなく、単なる1つ1つの信号としてとらえていることから生じたのではないかと考えられる。

## Ⅲ.7 実験7 最小可読文字コントラストの検討

### Ⅲ.7.1 目的

ロービジョンを持つ患者が外界の情報を得るにあたって、視対象のコントラスト値は大きな影響を及ぼす(鶴飼・波呂, 1992)。特に、中間透光体の混濁によるコントラスト感度低下は、日常生活で読字するにあたって、大きな障害となっている(小田, 2008)。対象を読み取り音声化する OTON GLASS®は、ロービジョンを持つ患者が今まで読み落としていた情報を確実に読み取ることが期待される。そこで本実験では、OTON GLASS®と OCR アプリの最小可読文字コントラスト値を測定することを目的とした。

### Ⅲ.7.2 方法

#### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring および OCR アプリを用いた。

#### ◆ 被験者

被験者は眼球運動に障害のない、矯正視力 1.0 以上の3名(平均年齢 23.0 歳( $SD=1.0$ ))。

#### ◆ 実験環境設定

刺激中心と機器との距離は 30 cmに設定した。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。台座は、カメラ用の三脚を用い上下の傾き、左右の傾き、x, y, z の回転軸を微調整できるものを用いた。また、被験者については両眼視下で鼻根部が刺激中心に対面する位置となるように顎台を調節した。実験は明室(刺激呈示面照度 759.20 lx)で実施した。

#### ◆ 刺激

文字刺激は MNREAD-J に準拠した刺激を作成し、PC 画面上に呈示した。文字刺激は、PC 画面上でコントラストを変化させ、PC 画面中央に配置した。文字数は 30 文字であった。文字刺激は背景輝度と刺激輝度を測定し、計算した上で呈示した。文字刺激サイズは呈示刺激の輝度測定が可能であるフォントサイズ(視角  $3.01^\circ$ )とした。背景色は白色(平均輝度  $172.4 \text{ cd/m}^2$ )、sRGB 値を段階的に操作し、文字色を黒色から灰色に変化させることによって、輝度を上昇させ文字コントラスト条件を設定した。なお実験的に操作したコントラストの値には Michelson contrast を用いた。

#### ◆ 実験条件

独立変数として観察条件を設定し、OTON GLASS®, OCR アプリ、被験者の 3 水準を設定した。

#### ◆ 手続き

OTON GLASS®, OCR アプリ条件では機器を台座に固定し、PC 画面との距離を 30 cm に設定した。刺激を音声化させ、100%読み取り可能な最小可読文字コントラスト値を測定した。被験者条件では顎台を用いて被験者の顔を固定し、PC 画面との距離を 30 cm に設定し、刺激を音読させ 100%読み取り可能な最小可読文字コントラスト値を測定した。測定方法には極限法の下降系列を用いた。

### Ⅲ. 7. 3 結果

図 16 に、各観察条件における最小可読文字コントラストを示した。

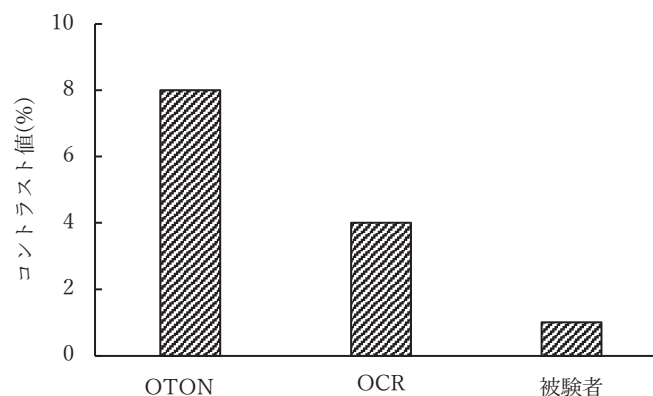


図 16 各観察条件における最小可読文字コントラスト

実験 7 は、文字コントラスト条件における読み取り限界を測定することを目的とした。その結果、OTON GLASS®条件は、文字コントラスト 8.0%まで、OCR アプリ条件では、文字コントラスト 4.0%まで、被験者条件は 1.0%まで読み取り可能であることが示され、OTON GLASS®より OCR アプリの方が低いコントラストまで読み取り可能であった。また、被験者条件では実験 7 で作成可能なコントラスト条件はすべて読み取った。被験者の内省報告では文字コントラスト 1.0%においても容易に読み取れたと報告されたため、晴眼者では実験 7 の条件よりも低いコントラスト値においても読み取り可能であることが示唆された。

### Ⅲ. 7. 4 考察

Haymes *et al.*(2006)によると、Pelli-Robson コントラスト感度(CS)テストにおいて、平均コントラスト感度は晴眼者で  $1.79 \log CS_{\text{Weber}}$ 、緑内障患者で  $1.64 \log CS_{\text{Weber}}$ 、加齢性黄斑変性症患者で  $0.98 \log CS_{\text{Weber}}$  である。本実験の結果を  $\log CS_{\text{Weber}}$  に換算すると、OTON GLASS®で  $0.95 \log CS_{\text{Weber}}$ 、OCR

アプリで  $1.11 \log CS_{\text{Weber}}$ , 被験者で  $1.70 \log CS_{\text{Weber}}$  以上となり, OTON GLASS<sup>®</sup>は, Haymes *et al.* (2006) の示した加齢性黄斑変性症患者\*\*\*と同程度のコントラスト感度を有することが示され, OTON GLASS<sup>®</sup>, OCR アプリともに比較的低いコントラスト値の文字においても正確に読み取り可能であることが示された。

日常生活場面において, 黒文字で記述された文章中に存在する赤文字などの強調のために使用されている色文字は, 黒文字と比較して文字コントラストが低い, OTON GLASS<sup>®</sup>は読み飛ばしせず文章として読み取り可能であることが推測される。そこで, この点について試験的に確認したところ, 文中に存在するコントラストの異なる文字も OTON GLASS<sup>®</sup>は読み飛ばしせずに読み取ることが確認された。

### Ⅲ. 8 実験 8 最大可読文字間隔の検討 1

#### Ⅲ. 8. 1 目的

OTON GLASS<sup>®</sup>が文章を読むにあたって, 文字間隔幅がどの程度影響するのか測定した。

#### Ⅲ. 8. 2 方法

##### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS<sup>®</sup>2019spring および OCR アプリを用いた。

##### ◆ 実験環境設定

刺激中心と機器との距離は 30 cm に設定した。OTON GLASS<sup>®</sup>は, 刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。実験は明室 (刺激呈示面照度 759.20 lx) で実施した。

##### ◆ 刺激

MNREAD-J に準拠し自作した文字刺激を使用し, 画面中央に配置した。刺激は横書きで, 「呼鈴をならす」「電話をかける」「場所をさがす」の 3 刺激を用いた。背景は白地 (平均輝度  $80.5 \text{ cd/m}^2$ ) で, 文字色は黒 (平均輝度  $4.23 \text{ cd/m}^2$ ) を用い, 文字コントラスト (Michelson contrast) は 90.01% であった。

##### ◆ 実験条件

独立変数として観察条件, 文字間隔条件, 文字サイズ条件を設定した。観察条件は OTON GLASS<sup>®</sup>, OCR アプリの 2 水準, 文字間隔条件は各文字サイズの  $\times 0.5$ ,  $\times 1.0$ ,  $\times 1.5$ ,  $\times 2.0$  に相当する間隔 4 水準, 文字サイズ条件は MNREAD-J に準拠し, 視角  $0.76^\circ$ ,  $1.51^\circ$ ,  $3.00^\circ$  の 3 条件を設定した。

##### ◆ 手続き

いずれの観察条件でも機器を台座に固定し, PC 画面との距離を 30 cm に設定した。刺激を音声化させ, 呈示した刺激を完全に読み取れる最大可読文字間隔を測定した。測定方法は, 極限法の下降系列を用いた。

\*\*\*\*\* 造影検査にて加齢性黄斑変性症と診断され, 初診から 1 ヶ月以内での 2 回目の検査で視力低下が  $0.2 \log \text{MAR}$  以下である視力  $0.82 \log \text{MAR}$  ( $\pm 0.51$ ) の患者



### Ⅲ. 8. 3 結果

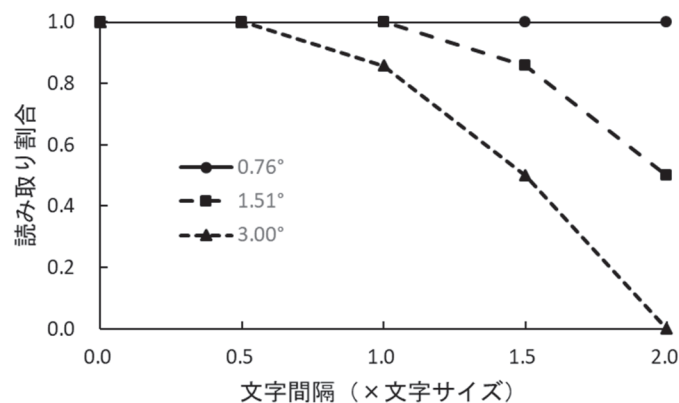


図 17 OTON GLASS®の各文字サイズ条件における読み取り割合の文字間隔に伴う変化

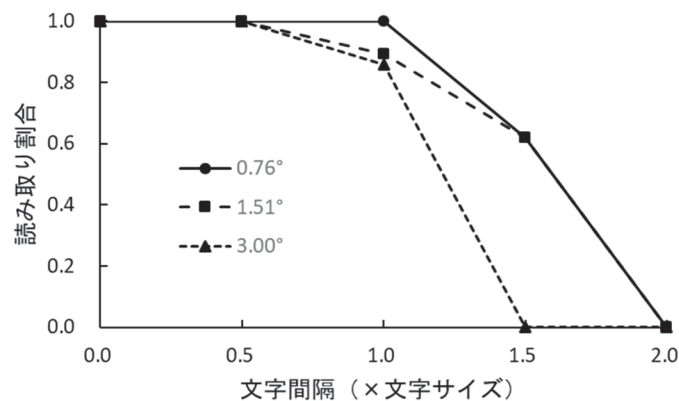


図 18 OCR アプリの各文字サイズ条件における読み取り割合の文字間隔に伴う変化

図 17 に OTON GLASS®, 図 18 に OCR アプリの観察条件ごとの各文字サイズ条件における読み取り割合の文字間隔に伴う変化を示した。

実験 8 では、文字間隔を広げることによって、各観察条件での読み取りにどの程度影響するのかを測定した。図 17 より、OTON GLASS®は文字視角サイズ 0.76° 条件では、文字間隔が 2 文字分空いても読み取り割合は 1.0 であった。文字視角サイズ 1.51° 条件では、文字間隔が 1.5 文字分以上空いていると徐々に読み取り割合が低下する傾向が認められた。文字視角サイズ 3.00° 条件では、文字間隔が 1 文字分以上空いていると読み取り割合が低下し、文字間隔が 2 文字分空いていると完全に読み取りができないことが示された。図 18 より、OCR アプリは文字視角サイズ 0.76° 条件では、文字間隔が 1.5 文字分空いていると読み取り割合が低下した。文字視角サイズ 1.51° 条件と視角サイズ 3.00° 条件では、文字間隔が 1 文字分以上空いていると読み取り割合が低下した。また文字視角サイズ 0.76° 条件と視角サイズ 1.51° 条件では文字間隔が 2 文字分空いていると完全に読み取りができず、文字視角サイズ 3.00° 条件では文字間隔が 1.5 文字分空いていると完全に読み取りができないことが示された。

### Ⅲ. 8. 4 考察

以上の結果から、文字サイズが大きくなると文字間隔も文字サイズに応じて物理的に広がることによって、言語 AI 機能が追従できず 1 つの文章として理解できないために、十分に読み取り可

能である文字サイズであるにもかかわらず、読み取り不能になってしまったと考えられる。このことから OTON GLASS®や OCR アプリに用いられている言語 AI は、有意味情報を拾っている訳ではなく、物理的な情報によって文字情報を判断し、文字間隔が物理的に一定の値以上となると他の文章であるとの判断をしているのだと考えられる。

### Ⅲ.9 実験9 最大可読文字間隔の検討2(長文条件)

#### Ⅲ.9.1 目的

OTON GLASS®が文章を読むにあたって、文字間隔幅がどの程度影響するのか測定した。また、日常使用場面において使用するにあたってどのような影響が生じるか検討した。

#### Ⅲ.9.2 方法

##### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring および OCR アプリを用いた。

##### ◆ 実験環境設定

刺激中心と機器との距離は 30 cmに設定した。OTON GLASS®は、刺激中心に対してカメラが直交する位置となるように台座の位置を調節し固定した。OCR アプリも同様にカメラが刺激中心に対して直交する位置となるように設置し固定した。実験は明室（刺激呈示面照度 759.20 lx)で実施した。

##### ◆ 刺激

MNREAD-J に準拠し自作した文字刺激を使用し、PC 画面中央に配置した。刺激は横書きで、文章は「夜おそくに友達が電話をかけてきた時には本当におどろきました」を用い、一行で呈示した。文字サイズは MNRED-J に準拠して視角サイズ  $0.76^\circ$  (11 point)を用いた。背景は白地(平均輝度  $80.5 \text{ cd/m}^2$ )で、文字色は黒色(平均輝度  $4.23 \text{ cd/m}^2$ )で、文字コントラスト(Michelson contrast)は 90.01%であった。

##### ◆ 実験条件

独立変数として観察条件、文字間隔条件とを設定した。観察条件は OTON GLASS®, OCR アプリの 2 水準、文字間隔条件は各文字サイズの  $\times 1.0$ ,  $\times 1.5$ ,  $\times 2.0$ ,  $\times 3.0$  に相当する間隔 4 水準を設定した。

##### ◆ 手続き

いずれの観察条件でも機器を台座に固定し、PC 画面との距離を 30 cmに設定した。刺激を音声化させ、呈示した刺激を完全に読み取れる最大可読文字間隔を測定した。測定方法には極限法の下降系列を用いた。

#### Ⅲ.9.3 結果

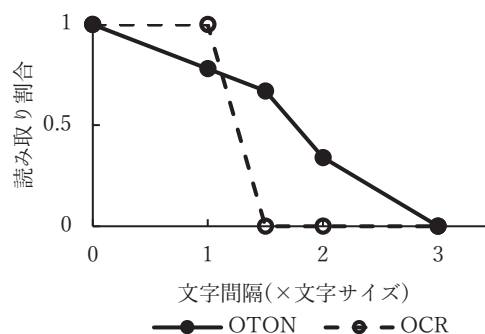


図 19 各観察条件における読み取り割合の文字間隔に伴う変化

図 19 に、各観察条件における読み取り割合の文字間隔に伴う変化を示した。

実験 9 では、長文呈示時に文字間隔を広げることによって、各観察条件での読み取りにどの程度影響するのかを測定した。図 19 より、OTON GLASS®は文字間隔が 1 文字開くと読み取り割合が 0.78 まで低下することが示された。OCR アプリは文字間隔が 1 文字まで完全に読み取ることができるが 1.5 文字開くと、完全に読み取りできなくなった。OTON GLASS®の方が OCR アプリより文字間隔に関係なく読み取ることができた。

### Ⅲ.9.4 考察

以上の結果は、文字間隔が広がることによって、OTON GLASS®, OCR アプリともに言語 AI 機能が追従できず 1 つの文章として把握できないために、十分に読み取り可能な文字サイズであるのにもかかわらず、読み取り不能になってしまった可能性を示唆している。

また、実験 9 の結果の読み取り割合は呈示した刺激に対する読み取り数から算出している。しかし、実際の読み取り内容は必ずしも文頭から文末まで順番に文字を読み上げている訳ではなく、文字間隔条件によっては文頭がどこか判断できず、呈示した文章をばらばらに読み上げる傾向が観察された。本傾向は、文字間隔×1.5 条件から文字間隔が広い条件において生じた現象である。表 2 にこの傾向が認められた条件での、読み上げ例を示した。

表 2 各文字間隔条件における呈示刺激と読み上げ例

×1.5条件	提示刺激	夜おそくに友達が電話をかけてきた時には本当におどろきまし
	読み上げ例	をかけて そくに友達が電話 きた は 本当におどろきまし
×2.0条件	呈示刺激	きのう友達が電話をかけてきた時には本当におどろき
	読み上げ例	達が電話（でんはなし）をか てきた時には本当におどろ

表 2 より文字間隔×1.5 条件、×2.0 条件ともに呈示した刺激を部分的に読み取り、文章として正確には読み取れていないことが示された。また、文字間隔×1.5 条件までは「電話：でんわ」と読み取られていた単語が、「電話：でんはなし」と単語として読み取ることが不可能であった。本結果は、OTON GLASS®が撮影された文字を読み取る際に、画面に映った文字をすべて読み取るのではなく、ある程度は文章として読み取り、文字間隔が広がると文章として処理できなくことを示している。

## Ⅲ.10 ロービジョンを持つ患者を対象にした OTON GLASS 装用体験調査

### Ⅲ.10.1 目的

実際に全盲やロービジョンを持つ患者の OTON GLASS®使用体験時の感想から、その有用性を検討した。

### Ⅲ.10.2 方法

#### ◆ 被験者

2019 年 9 月に名古屋市内の医療法人眼科病院を受診した、視力 0.1～全盲の患者のうち、OTON GLASS®の使用体験を希望した者 8 名。機器の使用方法、機器開発の目的、使用感を分析の対象にすることについて十分なインフォームド・コンセントを行った上で使用させた。

#### ◆ 評価対象装置

OTON GLASS®2019spring を用いた。

#### ◆ 実験環境設定

眼科病院の会議室で明室環境下で個別に体験させた。体験はバインダーに固定した文書を手に持たせ、Free Viewing の状態で OTON GLASS®を使用させた。

#### ◆ 刺激

A4 サイズの用紙に MNREAD-J に準拠して、視角  $0.76^\circ$  の文字サイズで印字した文書と、商品のパッケージ(レトルト・カレー)を用いた。

#### ◆ 手続き

医師の診察後、OTON GLASS®の使用体験を希望した患者に対し、医師同席のもと、同病院内の明室の会議室において使用体験をさせた。実験者が OTON GLASS®の特徴、使用方法を説明し、その上で、サンプル文書や商品パッケージを固定したバインダーを手渡し、その読字体験をさせた。体験中に感想を自由に述べさせ、それを記録した。

### Ⅲ. 10.3 結果

表3に協力患者の OTON GLASS®使用体験の感想の概要を示した。

表3 OTON GLASS®使用体験の感想の概要

・ OTON GLASS®の読み取り精度は自覚的にはスキャナーの OCR アプリとほとんど変わらないように感じる。
・ 主婦は買い物をどうしてもやらなければいけない。普段はヘルパーに買い物を頼むか、ネットで買い物しているが、OTON GLASS®を使用すると、自分が何を持っているのかわかるのが非常に良い。「早く自分で買い物に行きたい」と満足している様子。 →スーパーで買い物中に携帯電話で撮影し、拡大させて読み取る行為を毎回していると警備員に注意されることがあるので、読み取り OTON GLASS®は問題なさそう。
・ 子供の学校行事に参加したとき、事前に資料のデータをもらえずそのときに OTON GLASS®があるとその場で自然に視対象を読み取ることができるため便利そう。
・ パッケージの表などはごちゃごちゃしていて、ごちゃごちゃ話されても聞き取るのも大変である。
・ 普段見え難くても距離を近づけることによって、文字を見ようと努力しているが、どうしても距離が近づけないところは良さそう。

OTON GLASS®を体験した感想として、基本的には文字が音声化されることへの驚きが多く、中には「ロービジョンになってしまったが勇気づけられた。」など、将来への希望を述べるものがあった。また使用の具体的感想については表3に示されたように、ロービジョンを持つ患者や全盲者がどのような場面で OTON GLASS®を使用しようとするのかによって、その評価が分かれることが示された。

### Ⅲ. 10.4 考察

表3に示されたように、OTON GLASS®は使用する状況に応じて有用性が変化すると言え、特に視力値が低く、拡大鏡などの視覚支援具によっても文字を読むことが困難なロービジョンを持つ患者にとっては有用であることが示唆された。また、本調査でのロービジョンを持つ患者に共通して言えることは、「わずかな残存視力でも、拡大して自分で読めるのなら、自分で読みたい。」という意思が感じられることであった。しかし、OTON GLASS®を適切に使用するためには、患者自

身の視野の中心に対象を保持しても正確に読み取ることができず、残存視野には呈示されていない状態で使用することになる。最初は、自分の視野にないものを読み取るという行為自体に違和感と、本当に読み取れるのか不安になるかもしれないが、適切な位置に視対象を保持することが指導の中心となる。しかし、視覚機能が残存していて、それを巧く使える患者に対して、音声情報に依存させる必要はなく、残存している視覚機能が巧く使えない患者が主な処方対象になると考える。

また、実験者の OTON GLASS®指導経験から、新しい機器に意欲的な若年者から中年者は、コツをある程度捉えると、10 分程で撮影感覚を把握し、正しく使えることが確認された。しかし、高齢者は新しい機械というだけで苦手意識を持ち、正しく撮影できないと「難しいから無理」「私、機械ダメなんだよね」など、あきらめる患者が多かった。このように、機械が苦手な患者らは、OTON GLASS®に限らず、他の電子的視覚支援具に対しても苦手意識を持っており、OTON GLASS®を処方することには適切性が低いと考えられる。

なお、ロービジョンを持つ患者に対する指導に関しては、本居ら(2019)「OTON GLASS 視覚障害者支援具 OTON GLASS 指導マニュアル」に詳述した。

#### IV 総合的考察

本研究は、OTON GLASS®性能評価を行い、その基礎データに基づいて、OTON GLASS®の機能を容易に最大限引き出す使用法についてまとめることを目的とした。以上の実験結果に基づいて、日常生活での使用場面での有効性について考察する。

##### IV.1 文字サイズについて

日常生活で使用されている文字は、大小様々なサイズのものが存在する。特に、行政書類や契約書など文字サイズが小さいものが多い。行政書類を作成するにあたって文字サイズの規定はないが、一般的には視角  $0.76^{\circ}$  ～視角  $0.82^{\circ}$  が適切であるとされている。しかし、中には視角  $0.41^{\circ}$  や視角  $0.55^{\circ}$  と小さい文字が使用されている書類も多く存在する。OTON GLASS®は視距離 30 cm において最小可読文字サイズが視角  $0.60^{\circ}$  (実験 1)と、書類の文字サイズによっては、読み落としが生じる可能性がある。視距離を近づけ文字の視角サイズを大きくすることによって対応できる可能性はあるが、文書の大きさによっては全体がカメラの画角に入らなくなってしまう可能性が考えられる。また、小さい文字サイズほど文字撮影時にボタンを押すことによって生じる振れの影響を受けやすく、さらに最小可読文字サイズが大きくなる可能性が考えられる。

以上の考察から、規約書など文字の小さい書類については、現時点では OTON GLASS®では対応しきれないのではないかと考えられる。また、OTON GLASS®だけでなく文字を音声化できる機能を持つ支援具として、文字スキャナーを用いるなど屋内でじっくりとモノを読む場合は、同じ文字を音声化する機能を持つ支援具の中で、用途別を明確化する必要があるだろう。国土交通省(2007)では、高齢者、視覚障がい者への対応としては小数視力 0.5 を基準とし、可読可能な文字サイズをガイドラインとして定めている。その根拠は曖昧ではあるが、OTON GLASS®もこの水準までは分解能を向上させる必要があるだろう。小数視力 0.5 相当の文字サイズは視距離 30 cm で  $0.38^{\circ}$  であり、OCR アプリと同程度の解像度までの向上が求められる。

では、OTON GLASS®はどこで有効に使用することができるのだろうか。OTON GLASS®の利点は、持ち運びが手軽で操作が容易であることにある。文字スキャナーは外に持ち出すことは難しいが、OTON GLASS®は軽量で持ち運びが苦ではない。また、デザインも他の視角補助具に比べ洗練されており、周囲の目を気にすることなく使用できる。また、屋外で使用するにあたっての有



用性は実験2で検討されており、実験1の結果である30 cmの距離での最小可読文字視角 $0.60^\circ$ から視距離に応じて変化させた文字視角サイズを超えていれば、距離に関係なく(10 mまで)読み取り可能であることが確認された。本結果から、ある程度文字サイズが大きめに確保されている文字案内板や、掲示板などの読み取りには有効であると考えられる。また、値札やレシートなど小さい対象については、書類を読み取るのとは異なり、OTON GLASS®を接近させ、画角を気にせず使用できることから、外出時には特に有効ではないだろうか。

#### IV.2 カメラの画角について

OTON GLASS®の撮影可能範囲は、実験3の結果から上下視野 $10.80^\circ$ 、左右視野 $16.14^\circ$ であった。Ikeda & Saida(1978)によると、眼球運動を伴わない場合の健常者の水平方向有効視野は $10^\circ$ 程度であり、OTON GLASS®の有効視野はそれより広く、優位性を有している。OTON GLASS®の場合、A4サイズのプリントを全部読み取るには、視距離約60 cm、余白設定が標準である場合(印字面サイズ：縦26 cm×横15 cm)は、測定距離約40 cmが必要である。

また、注意すべき点としてヒトの上下視野角とOTON GLASS®の上下視野角は異なることがある。例えば、ヒトの場合、読書時には視野とともに自己中心位置も下方へシフトし、片眼遮蔽時には自己中心位置が左右方向にシフトする。図20、図21、図22にOTON GLASS®の視野角の結果とヒトの視野角の理論的關係についての模式図を示した。

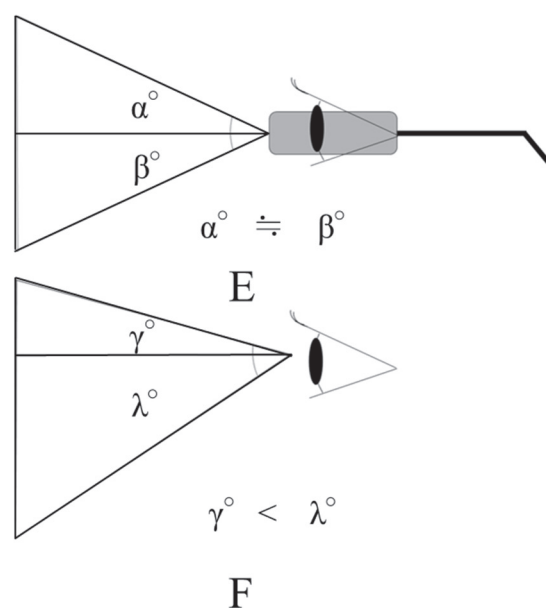


図20 OTON GLASS®の視野角とヒトの視野角の模式図  
E:カメラのOTON GLASS®の視野角, F:ヒトの視野角

図20上図Eより、OTON GLASS®の視野角は $\alpha^\circ \doteq \beta^\circ$ と上下均等である。しかし、下図Fに示したように、ヒトの視野角は前髪や瞼の関係で、 $\gamma^\circ < \lambda^\circ$ と上視野より下視野の方が広くなる。ヒトの視野に対応した状況下でOTON GLASS®を用いて視対象を読み取ろうとすると図21に示した現象が生じる。

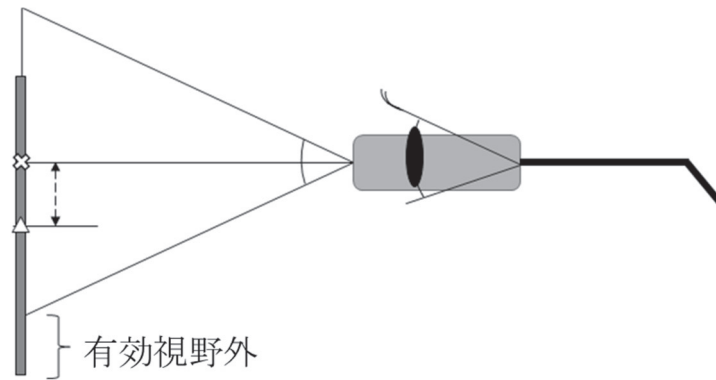


図 21 一般的な通常のポジションに視対象を保持した場合の視野範囲

一般的な通常のポジションに対象を保持した場合の予想図を図 21 に示した。

図 21 に示したように、ヒトが視対象を自然に前額平行面に平行に保持した場合、その中心は、図中の「Δ」に位置する。一方、OTON GLASS®の視野中心は「×」の位置にあるため、視対象のポジションはOTON GLASS®使用に理想的なポジションからの差異が生じ、OTON GLASS®の有効視野内から有効視野外に視対象がずれることが推測される。また、本現象は視対象が小さい場合には生じないが、A4 プリント範囲内の文字すべてを読み取ろうとする場合など、視距離をある程度遠ざける必要がある文書に対しては、本現象を意識して使用する必要がある。

次に、左右視野角の問題である。

図 22 左図 I に示した「×」点が OTON GLASS®の視野角を最大限に使用することのできるポジションである。右図 J に示した「Δ」点は左眼視野の中心位置であり、実際に視対象がすべて視野内に入るように指導した場合、被験者が視対象中心を保持すべき位置である。OTON GLASS®を適切に使用するためには、視対象の中心が「×」点の位置する必要があるが、右眼が遮蔽されていたり、右眼の視力が著しく低下していたりする場合を想定すると視野中心が左寄りになってしまう。OTON GLASS®を適切に使用するためには、残存視野上では右側の刺激が見えていなくても、OTON GLASS®で正確に読み取らせるために、「×」点位置に刺激中央を合わせる必要がある。左眼遮蔽時においても同様なことが言える。

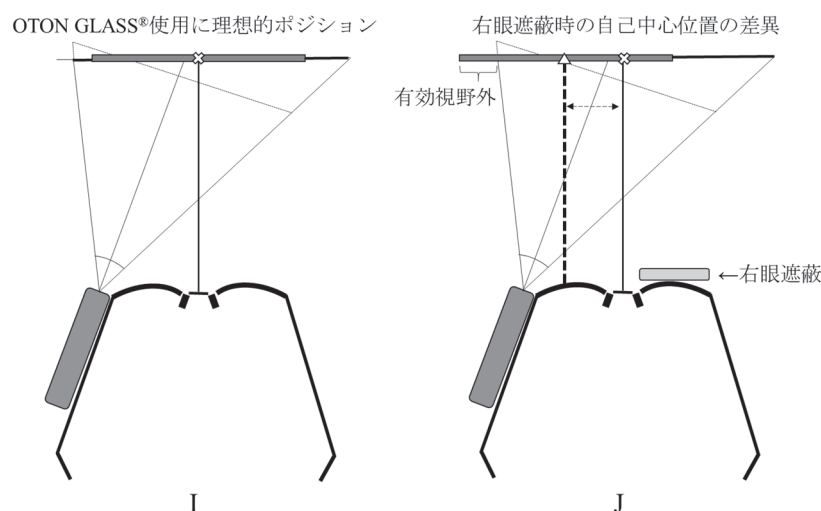


図 22 頭上からみた OTON GLASS®使用時の視対象と視線の関係

I: OTON GLASS®使用に理想的なポジション

J: 右眼遮蔽時の自己中心位置の差異

### IV.3 文字の傾きについて

OTON GLASS®の文字の傾きに対する影響について論じる。実験4, 5の結果から, OTON GLASS®は文字サイズが小さくなるのに伴って傾きの影響が生じやすくなる。OTON GLASS®と文書の関係が垂直方向にずれる可能性があるのは, 手に持っている視対象を見る時ではなく, 公共施設や店などにある看板を見上げるとき(x 軸回転方向のずれ)であると予測される。実験4によると, 図23に示したように, 国土交通省が定めた「公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン: バリアフリー整備(旅客施設編)」(国土交通省, 2007)による文字サイズの最低ラインの文字高20 mmの時, x 軸方向の回転ズレは, 約60.0°まで許容することができることが示された。本実験結果を日常生活に置き換えると, 目線の高さが1.60 mの使用者が, 地面から3 mの位置にある看板を見上げる時, x 軸回転角度60.0°まで許容することができるので, 0.78 mまで看板に近づくことができ, 視距離1.56 mまで見える計算になり, ロービジョンを持つ患者にとっても, 視対象の存在を探索可能な距離まで近づくことができる。このような屋外の看板や掲示物を見る場面で, OTON GLASS®の有効性が発揮されることが示唆される。

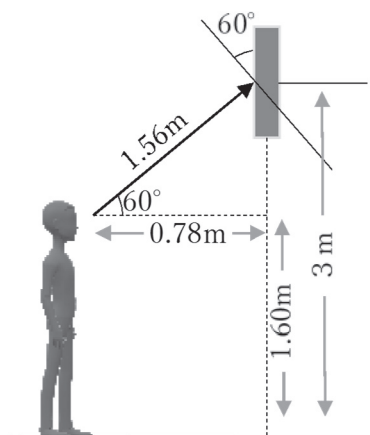


図23 頭上にある看板などを慎重1.60 mのヒトが  
OTON GLASS®で見上げて読み取る場合の視距離と角度

また, 実験6のz 軸方向の回転については, どの回転角度でも視対象を読み取ることが可能であった。ロービジョンを持つ患者にとって, 文字列の方向を識別することは大きな困難であるが, OTON GLASS®で対応可能であることが示唆された。また, 文字の回転角度45°条件において生じている, 段落の抜け落ちについては, 日常場面で視対象を撮影しようとしたときに斜めに保持することはないことが予測されることから, 影響は少ないと考えられる。

### IV.4 文字コントラストについて

文字コントラストについて, OTON GLASS®は Michelson contrast 6%まで読み取ることが可能であった。本結果から, OTON GLASS®は暗所での使用に耐えることが確認された。しかしそのコントラスト感度は初期の加齢性黄斑変性症の患者並みであり, 技術的に改善の余地は大きい。せめてOCR アプリ並みの  $\log CS_{Weber} = 1.10$  程度のコントラスト感度の実現は可能であろう。ロービジョンを持つ患者の中には, アルビノ患者や中間透光体の混濁から, 強い羞明を訴える患者も多い。そのような患者は, 羞明を緩和するために, 室内の明るさを敢えて暗くして生活している場合が

多い。OTON GLASS®は、そういった患者に対しても有効性を発揮するだろう。

#### IV.5 文字間隔について

OTON GLASS®の言語 AI は、文字と文字の間隔によって、文章のまとまりを検出しており、且つ、相対的な文字間隔ではなく、物理的な文字間隔が広がると読み取り精度に大きな影響が生じる。そのため、ロービジョンを持つ患者に用意されている大きい文字で印刷された文書では、文字が大きくなると物理的に文字間隔が広がってしまうことから、逆に読み取りの精度を低下させることになる可能性があり注意が必要である。

#### IV.6 OTON GLASS®の可能性

本研究は、OTON GLASS®の性能評価からロービジョン指導に至るまでを全般的に検討してきた。その結果、OTON GLASS®がロービジョンを持つ患者の視覚支援具として、従来の支援具とは異なる有用性を発揮する可能性が示唆された。もちろん、分解能、コントラスト感度の向上、さらには、本報告では実験的な検証を行っていないが、実験者らが使用してみて改善すべきだと考えられる点については、OTON GLASS®本体とカメラとの接続の無線化、読み取りキャンセル機能の追加、読み上げ音量、速度の調整を可能とするなどがあり、改良の余地は決して少なくない。しかし、OTON GLASS®はロービジョンを持つ患者にとって、新たな道を切り拓く非常に重要な位置に存在するといえる。これまで、患者の視覚機能活用術をメインとしてきたロービジョン指導自体も、OTON GLASS®の誕生によって、その指導には、今までとは違ったノウハウの蓄積が必要になるだろう。また、従来のロービジョン指導自体が適応外になっていた患者（小数視力 0.01 以下で点字に移行した患者）に対しても、OTON GLASS®の使用によって新たな可能性を提示することができるのではないだろうか。

また、ロービジョン指導するにあたって、どんなに良い機器を紹介しても、使用する患者のモチベーション次第で大きくその有用性は変化する。OTON GLASS®は十分にそのポテンシャルを引き出すことができる機器ではないだろうか。

今後、OTON GLASS®が多くのロービジョンを持つ患者に行き届き、彼らの視覚生活の質の向上に寄与することを期待する。

#### V 引用文献

- Cooper, L. A. & Shepard, R. N. (1973) The time required to prepare for a rotated stimulus. *Memory & Cognition*, 1, 246-250.
- 長谷川要・久野雅樹 (2018) フォントの心的回転に及ぼす影響. 言語処理学会第 24 回年次発表論文集, 256-259.
- Haymes, S. A., Roberts, K. F., Crnesh, A. F., Nicolela, M. T., LeBlanc, R. P., Ramsey, M. S., Chauhan, B. C., & Artes, P. H. (2006) The letter contrast sensitivity test: Clinical evaluation of a new design. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 47(6), 2739-2745.
- 樋田哲夫 (2007) 眼科プラクティス 14.ロービジョンケアガイド. 文光堂, 138.
- Ikeda, M. & Saida, S. (1978) Span of recognition in reading. *Vision Research*, 18, 83-88.
- 国土交通省 (2007) 公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン：バリアフリー整備ガイドライン(旅客施設編). 国土交通省
- Legge, G. E., Ross, J. A., Leubker, A., & Lamay, J. (1989) Psychophysics of reading VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test. *Optometry and Vision Science*, 66, 843-853.

- 本居快・杉浦巧知・服部玲奈・高橋啓介・川嶋英嗣 (2019) 視覚障害者支援具 OTON GLASS 指導マニュアル. 愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科心理医療科学専攻視覚科学専修.
- 小田浩一 (2002) MNREAD-J, Jk チャートマニュアル.
- 小田浩一 (2008) ロービジョンの視機能とモノの見え. 光学, 37(9), 511-517.
- 小田浩一・今橋真理子 (1995) 文字認知の閾値と読みの閾値. *VISION*, 7, 1-4.
- 小田浩一・Mansfield, S., & Legge, G. E. (1998) ロービジョンエイドを処方するための新しい読書検査 MNREAD-J. 第7回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 157-160.
- 鵜飼一彦・波呂栄子 (1992) バンガーターフィルターによるコントラストと感度の低下. *VISION*, 4, 71-72.
- 氏間和仁・島田博祐・小田浩一 (2007) 大型電子化提示教材で使用するロービジョンに適した文字サイズの規定法ー読書評価チャートの応用ー. 特殊教育研究, 45(1), 1-11.