

# 弱視教育における携帯端末の活用に関する基礎的研究

## － EVES としての活用のための基礎的研究 －

広島大学大学院教育学研究科

氏 間 和 仁

広島大学大学院医歯薬学総合研究科

木 内 良 明

### 要約

EVES (electronic vision enhancement system) として, iPad2を活用するための基礎的研究である。本研究は iPad2のカメラの低解像度とデジタルズームの画質劣化を補う方法としてカメラに凸レンズを装着した場合の効果について検証することを目的とする。視力視標を iPad2のカメラで写し, ディスプレイに表示した際の, 視認できる最小の視標サイズを従属変数とした。結果, レンズの効果が見られた。視距離に応じた屈折力のレンズを iPad2のカメラに取り付けることにより画像が鮮鋭化されて画面に表示され, より小さな視標を視認できることが明らかになった。この効果はズームあり, 低コントラストで特に顕著であった。

キーワード: ロービジョン, 拡大読書器, 視覚補助具, CCTV, EVES

### 1. はじめに

拡大読書器は, 弱視者の保有視機能を活用して, 拡張する視覚補助具として用いられてきている。拡大読書器の類は CCTV (closed-circuit televisions) という分類名が用いられてきた。近年, 「CCTV はテレビ放送とは異なり, カメラなどの映像系と映像を映し出すモニターをケーブルで直結して使うという意味であり, 普通は監視用 TV システムなどを指す。この呼び方は, 視覚障害者用のエイドにみられる画像の拡大やコントラストの強調などの特徴を表していない。」(Jackson & Wolffsohn [2007] 257) と指摘されている。そこで, 最近では拡大読書器の類を EVES (electronic vision enhancement system: 電子式視覚機能拡張システム) と表現することがある。指摘されている通り, EVESの方が, 名は体を表しており, 誤解を招くことも少なくなるという点で, より適切な呼び名である。

本稿では CCTV に替えて EVES を用いる。

小野・鈴鳴・山村・陳・高津・外園・横山・山縣・吉村・浅野・阿曾沼・安藤・出江 (2011) は, 宮城・京都・兵庫の EVES 使用者89名に対して, 使用頻度等の EVES の使用状況と NEI VFQ-25の下位尺度を用いた調査を実施した。それによると, EVES をほぼ毎日使用している人は39人 (43.8%), 紹介者が眼科である人は44名 (49.0%), 使用指導を行った人は販売会社のスタッフ70名 (78.7%) であった。VFQの結果, EVESの未使用群と毎日使用群で有意な下位尺度の差が認められた。その項目は, 「全体的見え方」「社会生活機能」「心の健康」「自立」であった。使用頻度と関連要因の多変量解析の結果, 使用目的数が多く, 視力が低いことが, 使用頻度に有意に関連していた (小野ら, 2011)。野口・上田・北澤・星・橋田・卜部・町田 (2008) は, ロービジョンケアを通して

EVESを処方された者の6割が「毎日」又は「ほぼ毎日」使用しており、約9割が「大変満足」又は「満足」していることを報告した。Stelmack, J.A., Stelmack, T.R., and Massof, R.W. (2002) は、EVESを含めたロービジョンケアは視機能関連 QOL を向上させることを報告した。このように、EVESは弱視者にとって QOL を向上させる機器として、世界的に認められており、特に高度の視機能障害を有する場合に使用頻度が高くなり、QOL 向上に貢献している。

金田・伊藤・吉田 (2005) は、130名の在籍学生のうち、EVES 使用学生 (10~12%) を対象に EVES の要求仕様を調査した。その結果、(1) 視覚特性に応じた画質調整機能、(2) 機器の使用環境への適応性、(3) 操作性、(4) 省スペース性が重要であることを見出した。EVES の省スペース性や使用環境の適応性をさらに向上させるのに適した機材として、近年普及しているタブレット型多機能携帯端末の利用可能性が考えられる。

タブレット型多機能携帯端末は、iPad (Apple 社製)、Android (Google 社製)、Windows (マイクロソフト社製) が主なものとして挙げられる。今回、EVES の端末として想定したのは、iPad2である。iPad2は、この分野の中では発売してからの歴史が長く実績があるため、使用できるソフトウェア (アプリ) が多く、ハードウェアの仕様が統一されている点が長所である。画面が7インチから10.1インチのタブレット型多機能携帯端末37機種を比較したところ、iPad2の解像度は中位 (132ppi) である。しかし、CCD カメラは5倍デジタルズームで、画素数は280pixel × 720pixel (92万画素) と他の機種と比較して低位である。iPad2をEVESとして利用する際、このカメラの低解像度が課題になる可能性がある。

そこで、本研究はiPad2のカメラの低解像度とデジタルズームの画質劣化を補う方法としてカメラに凸レンズを装着した場合の効果について検証することを目的とする。同時に2種類のコントラストチャートを利用するこ

とで画質へのコントラストとレンズ加入の効果についても確かめる。

## 2. 方法

調査日は、2011年11月~12月であった。

被験者は、X大学学生及び大学院生7名。近見視力0.9~1.0, 21~29歳であった。

iPad2のカメラ機能を利用して、近見視力視標をiPad2のディスプレイに表示し、目視により視認できる最小の視標サイズを確かめた。

独立変数は、ズーム要因 (1倍水準, 5倍水準), レンズ要因 (レンズ (+8D) 有水準, レンズ無水準), コントラスト要因 (高い, 低い) であった。

従属変数は、視認できた最小の視標サイズ (mm) であった。この値は、5つの同サイズの視標中、3つ正答できる最小の視標のサイズとした。視標のサイズ (mm) は、視標に記されている33cmのlogMAR 視力値を用い、「 $\tan (10^{\log \text{MAR 値}}) \times 330 \text{ (mm)} \times 5$ 」で算出された。用いた視標は LOGARITHMIC VISUAL ACUITY CHART (Precision Vision 社製) であった。

iPad2はスチール製タブレット PC スタンド100-MR040 (サンワサプライ社製) に固定された。視標は書見台に固定された。被験者の顔は顎と額を台により固定された。視標とiPad2の距離は12.5cm, iPad2と被験者の距離は25cmであり、それぞれの仰角は80度であった。装置と被験者は暗室の中に入り、暗室内は間接照明で照らされた。照度は約250lxであった。

得られた視認された視標の最小サイズの値はレンズ要因・ズーム要因・コントラスト要因の3要因の被験者内分散分析によりそれらの要因の効果を明らかにする。各条件においてiPad2の画面の輝度を測定し、マイケルソンコントラスト ( $(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$ ) を算出し条件の統制を確認する。

### 3. 結果

各条件における iPad2画面上に映し出された画像のコントラストについて示す。輝度をマイケルソンコントラストで算出した結果を表1に示した。同視標の低コントラスト条件はマイケルソンコントラスト10%で設定されているため、4～8ポイント程度高い値で

iPad2の画面に表示されていた。高コントラスト条件では93.5～95.0%の範囲で表示されていた。

視認できた最小視標サイズの結果を表2に、グラフを図1に示した。レンズ有無の要因、ズームの要因、視標のコントラストの要因の3要因が視認できた最小視標サイズに及ぼす

表1 iPad2の画面上のコントラストの計測結果

レンズ要因	倍率要因	視標のコントラスト要因	コントラスト	
			平均	標準偏差
レンズ有	1倍	高	0.938	0.003
		低	0.141	0.009
	5倍	高	0.935	0.003
		低	0.160	0.008
レンズ無	1倍	高	0.941	0.001
		低	0.180	0.012
	5倍	高	0.950	0.002
		低	0.165	0.004

表2 視認された最小の視標サイズの結果 (n=7)

	B/W		G/W	
	1倍	5倍	1倍	5倍
レンズ無	0.86 (0.10)	0.89 (0.16)	1.14 (0.10)	1.46 (0.11)
レンズ有	0.37 (0.05)	0.43 (0.05)	0.59 (0.04)	0.59 (0.04)

MEAN (SD)

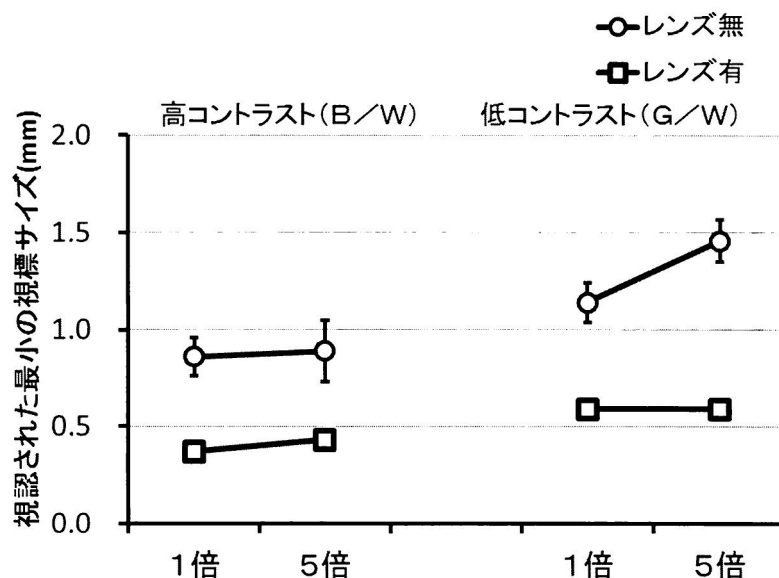


図1 視認された最小の視標サイズの結果

B/Wは前景色：黒に背景色：白の高コントラストを、G/Wは前景色：灰に背景色：白の低コントラストを意味する。

効果を明らかにするために、3要因被検者内の分散分析を行った。3要因の2次の交互作用は有意であった ( $F_{(1, 6)} = 20.82, p < 0.01$ )。2次の交互作用が有意であったためコントラスト要因の各水準における単純交互作用の検定を行った。

高コントラスト水準におけるレンズ要因とズーム要因の単純交互作用は有意でなかった ( $F_{(1, 6)} = 0.30, n.s.$ )。高コントラスト水準において、レンズ要因の主効果は有意であったが、ズーム要因の主効果は有意ではなかった (レンズ要因 ( $F_{(1, 6)} = 125.65, p < 0.01$ ), ズーム要因 ( $F_{(1, 6)} = 1.35, n.s.$ ))。レンズ要因の主効果の従属変数の大小関係はレンズ有水準<レンズ無水準であった。

低コントラスト水準におけるレンズ要因とズーム要因の単純交互作用は有意であった ( $F_{(1, 6)} = 85.41, p < 0.01$ )。単純交互作用がみられたため、低コントラスト水準におけるレンズ要因とズーム要因の単純交互作用の下位検定を行った。レンズ無水準における倍率の単純・単純主効果は有意であった ( $F_{(1, 6)} = 85.40, p < 0.01$ )。従属変数の大小関係は1倍<5倍であった。レンズ有水準におけるズームの単純・単純主効果は有意でなかった ( $F_{(1, 6)} = 0.00, n.s.$ )。高コントラスト水準におけるレンズの主効果は有意であった ( $F_{(1, 6)} = 291.26, p < 0.01$ )。従属変数の大小関係はレンズ有<レンズ無であった。

#### 4. 考察

低コントラスト水準、高コントラスト水準の両条件におけるレンズ要因の主効果が有意であったことから、+8Dのレンズをカメラに装着したことがより小さい視標を認識するのに有効であったことが示された。カメラに装着した+8Dのレンズの焦点距離だけ離して視標を置いたため、カメラに平行光線が入射し画像が鮮鋭化された結果であると考えられる。

低コントラスト水準のレンズ無水準においてズームの効果が有意であった。低コントラ

ストのレンズ無条件では、他の条件と比較して、1倍よりも5倍の画像の方が何らかの原因によりローパスフィルタのカットオフ周波数が下がったものと推測できる。また、レンズ有の場合、高・低のコントラスト条件はコントラスト感度曲線内に入っていたが、レンズ無の場合はその状態が左 (空間周波数の低い側) にシフトし、低コントラスト条件がコントラスト感度曲線の外へ出たという考え方もできる。あるいは、Legge, Pelli, Rubin and Schleske (1985) が観察したマスキング効果がこの条件にのみ強く働いたという可能性もある。いくつかの可能性を指摘できるが、その原因を明確に指摘するだけの証拠を持ち合わせない。はっきりしていることは、低コントラストと高コントラストの各条件で、画面上のコントラスト間には差が無かったため、画面上のコントラスト以外の要因が作用しているということである。これらを踏まえたうえで、原因は特定できないものの、レンズを装着しない効果は低コントラストの5倍ズームにおいて、相対的に特に強く作用して、細かな指標が見えにくくなるようだ。

高コントラスト水準におけるズーム要因及び低コントラスト水準のレンズ有水準におけるズーム要因において有意差が見られなかった。このことは、iPad2のデジタルズームが原因と考えられる。デジタルズームは光学的に画像を拡大するのとは違い、光学的には何ら操作を加えず取り込まれた画像データを引き延ばして表示する。そのため、1倍から5倍にズームしたことに伴って、認識できる視標サイズが小さくならなかったと考えられる。よって、iPad2のカメラや画面の解像度よりも被検者の眼の解像度が上回っていたことによるシーリング効果が働いた結果であるといえる。

#### 5. おわりに

iPad2のような携帯型端末を利用することは、今までの教材・教具の利用にはない特徴を持っており、これまでは困難であった学習

環境・学習方法・教育的評価の実現を見込める。特に、弱視教育においては、映像を手軽に操作できる点でその可能性は大きい。今後、実際の授業場面や生活場面等の文脈の中で、利用方法を案出し、その効果を積極的に検証していくことが重要になると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金（基盤（C））「弱視者等の読書評価と教材表示支援システムの開発と評価」（23531302）（平成23～25年度）の補助を受けています。

筑波大学柿澤敏文先生、東京女子大学小田浩一先生には本論文執筆に対してコメントを頂戴しました。ここに感謝の意を表します。

#### 引用文献

- (1) Gordon E. Legge, Denis G. Pelli, Gary S. Rubin and Mary M. Schleske (1985) Psychophysics of Reading I. Normal Vision. *Vision Research*, 25 (2), 239-252.
- (2) Joan A. Stelmack, Thomas R. Stelmack, and Robert W. Massof (2002) Measuring Low - Vision Rehabilitation Outcomes with the NEI VFQ-25. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 43, 2859-2868.
- (3) Jonathan, Jackson, and James, Wolffsohn (2007) *Low Vision Manual*. ELSEVIER, Philadelphia in USA, 小田浩一総監訳 (2010) ロービジョンマニュアル. エルゼビア・ジャパン.
- (4) 金田博・伊藤三千代・吉田治 (2005) 視覚障害教育環境における拡大読書器の研究開発 -- 全国実態調査及び指導内容を精選した実践を中心として. 弱視教育, 43 (2), 6-14.
- (5) 小野峰子・鈴鴨よしみ・山村麻里子・陳進志・高津育美・外園千恵・横山貴子・山縣祥隆・吉村尚子・浅野紀美江・阿曾沼早苗・安藤伸朗・出江紳一 (2011) 据え置き型拡大読書器の使用頻度と視機能関連 QOL との関連. 眼科臨床紀要, 4 (1), 9-15.
- (6) 野口恵理・上田希・北澤耕司・星最智・橋田正継・ト部公章・町田照代 (2008) 町田眼科病院におけるロービジョンケアのアンケート調査結果. 日本ロービジョン学会誌, 8, 177-181.