

レーザー網膜投影で電子白板の情報を視認させる 弱視学生のための合理的配慮

Reasonable accommodation for low vision students to visibly recognize the information on interactive whiteboard by using laser retina imaging

異 久行⁽¹⁾

Hisayuki Tatsumi

村井 保之⁽²⁾

Yasuyuki Murai

森野 誠治⁽³⁾

Seiji Morino

鈴木 誠⁽³⁾

Makoto Suzuki

1. はじめに

学校での学習における弱視学生の2つの大きな視行動のうち、教科書を読むことは眼を極端に接近させることや、拡大読書器やルーペで教科書を拡大することで可能となるが、文字や図表が書かれた黒板の板書を読むことは困難な状況にある。本研究は、電子白板を用いた弱視学生の教育支援に画像を直接網膜上に投影できるレーザー網膜走査技術を用いることで、電子白板の板書情報を加工することなしに、弱視学生自身が最も視認しやすい視覚情報で提示することを目的としている。具体的には晴眼学生と弱視学生を区別することなしに電子白板による臨場感のある一斉授業を行うことで合理的配慮に基づく集団教育を目指す。また、電子白板を用いた板書情報は、学生のパソコンやタブレットなどに配信できることから、コロナ禍における遠隔授業にも適している。本研究で目標とする弱視向きの電子白板システムは、弱視学生が視認したい画像情報を拡大提示する機能、視野障害がある弱視学生の視点を誘導して画像情報を視野内に提示する機能、さらには、板書環境に応じて視認時の白黒反転やコントラストを変化できる機能、などを有するものである。

2. レーザ網膜投影

本研究で行っている弱視補償は視野角を大幅に向上したレーザー網膜走査技術（ビジリウムテクノロジー[1]）を使用しており、レーザー照射光によるマクスウェル光学視で弱視の視認支援を実現している。図1に、網膜上にレーザー光を直接照射できる網膜走査技術の原理図を示す。

同図から分かるように、レーザー照射光は瞳孔近傍で集光して網膜に照射するので水晶体の焦点調節は必要としない。即ち、フォーカスフリーとなって一定の視力が得られる（これまでの報告では、視力はおおよそ0.5~0.6に相当する）ので、網膜が感知可能ならば矯正視力がでない弱視学生にとって良く見えることになる。例えば照射光が角膜や水晶体の通過において透過性を保つ疾患であれば、原理的には網膜上に像を作成できる。また、照射光をある程度はピンポイントに網膜感知位置に投影できるので、視野に疾患のある弱視者にも有利である。

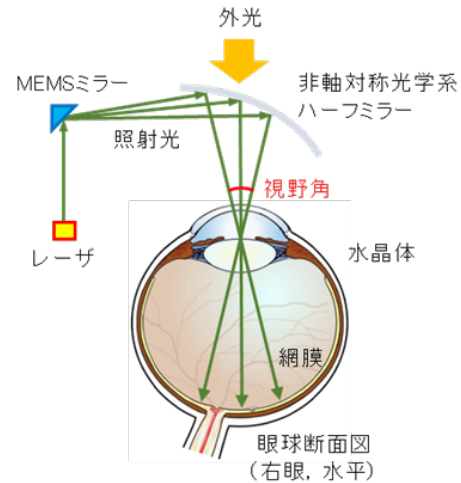


図1. レーザ網膜走査技術

図2に本研究で使用しているレーザー網膜投影機器を示す。この機器はレーザー網膜走査技術を実現する光学ユニットにプロジェクタモジュールを組み合わせたものである。光学ユニットは水平視野角が60度（アスペクト比は16:9）で、従来の網膜投影機器と比べて視野角が大幅に向上していることから、弱視学生にとって装着が容易で（瞳孔の中心にレーザー光を入射しやすく）簡単に没入型網膜投影光学系を実現できる。また、広視野角により網膜への照射光の投影は周辺視野をカバーできるので、中心視野が欠損している弱視学生でも視認が向上する可能性が生まれる。



図2. レーザ網膜投影機器

3. 弱視向き電子白板システム

図3にシステムの概要を示す。電子白板は対話形式が可能な商用機器（リコージャパン社、インタラクティブホワイトボード）を使用しており、教材を提供する教師用PCや配信を受ける学生用PCと電子白板との間は有線ないしは無線でつながっている。図4に実際の弱視向き電子白板

(1) 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

(2) 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

(3) 株式会社 QD レーザ, QD Laser, Inc.



図3. システムの概要

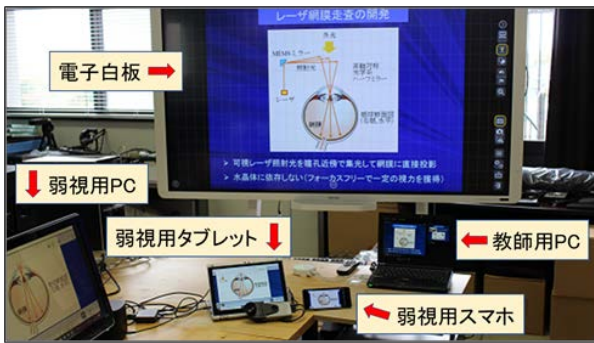


図4. 弱視向き電子白板システム

システムを示す。教師用 PC から提供された教材画像は電子白板に表示され、その情報が弱視用の PC、タブレット、スマートフォンなどに配信されているのが分かる。我々は弱視への視認支援として、(a) 視力の補償、(b) 視野の補償、(c) 視感の補償、の三点を掲げており [2]、本研究は板書授業におけるこれらの補償の解決を図るものである。上記のうち、項目(a)および項目(b)についてはハードウェア（レーザー網膜投影機器）による解決が図られているので、項目(c)についてソフトウェア（網膜に投影する画像の明度、色度などを考慮し、視感が向上する要因を画像処理で対応）による解決策を考察している。

網膜に投影する照射光はレーザー光でありながらも、人が光として感じる光量の可視光なので、基本的には撮像素子（CCDやCMOSなど）で受光が可能である。視覚細胞で光情報を電気信号に変換するのと同様に、図1内の眼軸上の網膜位置に撮像素子を置くことで視認状況を擬似的に撮像素子の受光映像で視ることが出来る。図5は、投影側 PC 画像（レーザー照射光に変換する前の元画像）と受光側 PC 画像（レーザー照射光を撮像素子で受光した画像）とを比較したものを示す。同図より、伝送中に RGB のレーザー光となるので画質が落ちるものの輝度は上がっているのが分かる。



図5. 投影側 PC 画像と受光側 PC 画像の比較

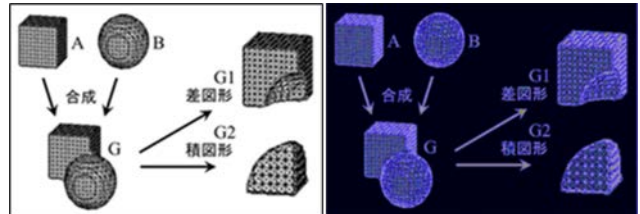


図6. 視感要求の前（左図）と後（右図）の画像例

一般に、弱視は色弁別能力が劣り、色の識別には明度が決定的な役割を担うこと、さらに、明度が高ければ彩度に差があるほど、色差の弁別能力が高くなることが知られている。受光後の画像は元画像に比べて明度が高く彩度に差（コントラスト）があるので、弱視にとって視やすい（視感が向上された）画像である。本研究ではレーザー照射光に変換すると視感が向上するような、個々の弱視学生に対処した視認補償を深層学習で実現することを目指している。図6は、弱視学生の視認要求に従って生成した画像の例を示す。

4. まとめ

電子白板と網膜に直接映像を投影できるレーザー網膜走査技術を合わせることで、弱視学生自身が視認しやすい状態に調整が可能な弱視向き電子白板システムを検討している。レーザー網膜投影機器を貸与することで、これまで実現が困難とされた晴眼学生と弱視学生との板書一斉授業が可能となり、既存の授業形態を崩さない統合教育が期待できる。弱視に対処した教材を準備する必要のないレーザー網膜走査技術は弱視者の万能ルーペとなり得る可能性を秘めている。

謝辞： 本研究は2020年度厚生労働省障害者自立支援機器等開発促進事業で開発された最新のレーザー網膜走査技術を使用している。また、2019年度公益財団法人三菱財団社会福祉事業より研究助成の支援（ID：201930019）を受けた。ここに両事業に対して深く謝意を表す。

参考文献

- [1] 株式会社 QD レーザ, “ビジリウムテクノロジー”, <https://www.qdlaser.com/applications/eyewear/> (2021.6.18) .
- [2] Murai Y., Suzuki M., Sugawara M., Tatsumi H., Miyakawa M., “Low vision aid through laser retina imaging”, IEEE Proc. 2016 Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, DOI 10.1109/SMC.2016.1093, pp.361-366, Oct. 2016.