



HMD 装着中の注視点に基づく画像処理を用いた 視覚障害評価システムの開発

Development of evaluation system for visual deficits
with image processing based on gaze point during HMD

大橋勇哉^{1,2)}, 山本紳一郎¹⁾, 河島則天²⁾

Yuya OHASHI, Shin-ichiro YAMAMOTO, and Noritaka KAWASHIMA

- 1) 芝浦工業大学 (〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区大字深作 307, nb21103@shibaura-it.ac.jp)
2) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所 (〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4 丁目 1 番地, 同上)

概要: 私たちは視覚によって周囲の物体の立体形状や相対距離を意識することなく高精度に推定している。眼から入力される視覚情報には色彩やコントラスト、陰影など様々な要素が含まれており、様々な脳領域にて並列的・階層的に処理されている。脳卒中などの脳損傷はこれらの処理を停滞させ、見えに障害を引き起こす。本研究では視覚情報に合目的な操作を加えるシステムが見えの評価やリハビリ訓練に有用であると考え、HMD に投影される映像に、注視点に基づいた任意の画像処理を加えるアプリケーションを開発した。本報告ではそのシステム概要と有用性について述べる。

キーワード: リハビリテーション, 視覚, アイトラッキング

1. 背景

網膜像投影を経て脳に入力される視覚情報は、大脳皮質の様々な領域での並列的・階層的な処理を経ることによって、2 次元平面である RGB 画像から 3 次元の空間情報への変換が行われ、その結果として奥行きや立体の知覚、動きなどの知覚が生起する。知覚される情報は注視点を中心に同心円状に空間解像度が異なり（注視点から離れるほど解像度は低い）、周辺視ではコントラスト感度や彩度が低いなど、偏ったパターンを持つことが明らかにされている。また、高次視覚情報処理のプロセスでは形状や色彩、陰影、意味名称など要素毎に脳領域が機能的に分かれており、ネットワークを形成している。この視覚情報処理のネットワークに含まれる部位が、脳卒中や外傷によってダメージを受けると「見え」に関する障害が生じる。

視覚を通して得る情報は身体運動や日常生活に極めて重要であることから、その障害は作業効率の低下をもたらす、就業への困難や生活範囲の狭小化に繋がる[1]。この状態が長期持続すると認知機能の低下[2]を生じるなど、日常生活に大きな影響を及ぼす。脳卒中患者では 60%が視覚障害を経験することが知られており[3]、障害当事者の視覚知覚を正確に把握することは、リハビリテーション現場において重要である。特に脳卒中後の視覚障害患者の 40%は、日常生活に影響のある自身の視覚に関して、適切にその見えの様態を共有できていないことが報告されている[4]。

脳損傷による視覚障害は損傷される脳領域やサイズによって病態に個人差が大きく存在する。例えば大脳後部への損傷では、視力や調節、輻輳は正常でありながら、視界がぼやけたりかすんだりするなどの障害が生じる。この場合、文字を読む際にははっきりと見えず、隣の文字と混ざるなど、コントラスト感度に関する困難を呈する。また視交叉後の脳損傷では通常のものよりも強い羞明感や周囲が暗すぎるといった明順応・暗順応に関連した障害を示し、物体や文字の形状把握が困難になる。後頭側頭葉の損傷では視野の一部や全体の色覚に影響を受け、色あせたり白黒に知覚されたりといった色彩の弁別や分類に関する障害が起こりうる。

こうした視覚障害の特性は、画像処理領域で扱う特徴や要素に多くの共通点を持つ。工学領域においては、ヒトの視覚機能特性を模倣した GPU 効率を高めるグラフィック技術として『Foveated Rendering』が実用化されている。これはディスプレイに描画する画像の解像度を、ユーザの視点を最も高く、周辺視となる部分を低くなるように段階的に調整するものである。近年では高精度なアイトラッカーが搭載されている HMD の汎用化が進んでいる。本研究では、HMD が両眼それぞれに映像投影が可能であるという特性に着目し、中心視・周辺視およびその左右差を考慮したコンテンツの工夫を行うことで、障害による見えの評価・訓練のための新しいシステムの開発を試みた。

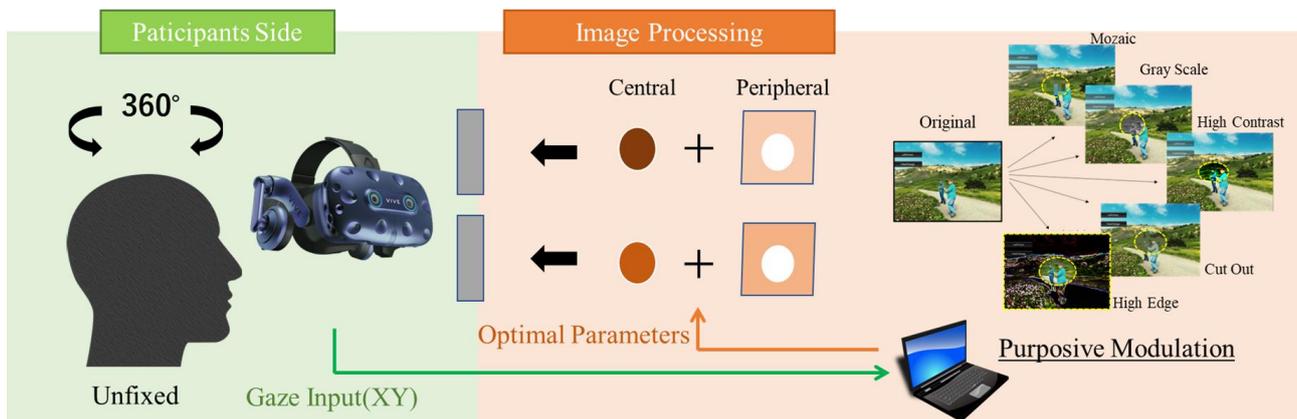


図 1 Evaluation diagram of this system

2. システム構成

視覚提示と視線計測を行うためのハードウェアとして Vive Pro Eye (HTC) を採用し、Unity2019.3.5f を用いた画像処理および両眼への提示環境の構築を行った。本システムを構成するハードウェアの仕様を表 1 に示す。

表 1 Devices list

Vive Pro Eye (HTC社製)	<ul style="list-style-type: none"> 解像度：片目1,440×1,600 OLEDディスプレイ リフレッシュレート：90Hz 視野角：110° アイトラッカーサンプリング周波数：90Hz
計測用PC	<ul style="list-style-type: none"> グラフィックボード：GeForce RTX2080 メモリ：intel Corei 7

図 1 に示すように HMD の両眼に 360° 画像から射影した画像を提示する。HMD 内蔵のアイトラッカーから左右それぞれの視線データをリアルタイムに参照し、シェーダ言語により提示画像に対するフィルタ処理を行う。視覚障害の特性に応じてフィルタの種類とそれに伴う定数、ユーザ視点の範囲を変更できるよう、検査者用 UI を通して画像投影中の変更が可能な環境を構築した。

3. 評価手順と応用可能性

本システムを用いた視覚障害の評価は、最初に、障害による見えの特徴を把握することを目的とする。次に、臨床評価や当事者の訴えに基づき、検査者が知覚に負荷の少ないフィルタの候補を挙げ、知覚に関するヒアリングを実施しながらその強度を最適値へ近づけていく。主にフィルタは図 2 に示す 5 つを標準で搭載しており、中心視・周辺視/左・右とそれぞれを独立して操作する。360° 画像には複数の人物や建物、花など意味的に視線を引き付けることが想定される要素を含むものを予め選定する。この手順に則り、障害当事者の見えを直観的に理解するとともに、パラメータを元画像に段階的に近づけるよう 1 試行内および反復試行間において操作することで、良い見え方を引き出すための訓練を行う。このプロセスは、脳機能の可塑的変化を促し、障害の程度を緩和することで日常生活上の困難を軽減する一助となる可能性がある。

4. 展望

本報告ではアイトラッカー搭載型 HMD を活用した視覚障害者の見えの困難を改善するための評価と訓練手法に関する提案を試みた。これまで筆者らは実際に障害当事者の協力のもと、本システムによる選択的な画像処理による知覚のヒアリングを行い、視覚障害の病態の個人差に応じて、物体の形状認識や遠近感の知覚において視覚情報の処理の負荷に適したフィルタ処理とそのパラメータが異なること、計測後に HMD を外した際に知覚に関するポジティブな一時変調を示唆する所感を得ている。今回は 360° 画像を自由探索する課題について述べたが、今後 HMD のフロントカメラを用いた XR 環境について、拡張可能性を検討している。実際に AR デバイスに用いられる技術の一つであるビデオ透過型に倣い、投影される画像に本システムを適用するものである。これは現実環境とのインタラクションを可能とするものであり、検査者が実験環境を整えることでリーチング課題や任意の物体の認識の調査など、一般的なリハビリ訓練を取り入れた検査に拡張することが期待される。今後、パラメータによる指標を定め、効果的な評価手法として確立を目指す。

参考文献

- [1] Chen CS, Lee AW, Clarke G, Hayes A, George S, Vincent R, et al. Vision-related quality of life in patients with complete homonymous hemianopia post stroke. *Top Stroke Rehabil.*: 445–453. 2009;16
- [2] Uzzel, B.P., Dolinskas, C.A., & Langfitt, T.W. Visual field deficits in relation to head injury severity. *Archives of Neurology*, 45, 420-424, 1988.
- [3] Rowe, FJ, et al. High incidence and prevalence of visual problems after acute stroke: An epidemiology study with implications for service delivery. *PLoS One*, 14(3). 2019.
- [4] Hepworth LR, Howard C, Hanna KL, Currie J, Rowe FJ. "Eye" Don't See: An Analysis of Visual Symptom Reporting by Stroke Survivors from a Large Epidemiology Study. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2021;30.