

K-055

視線解析による弱視者の視認支援への取り組み Visual Aids for Low Vision by using Eye Tracking Analysis

村井 保之¹ 河原 正治² 巽 久行² 関田 巖² 宮川 正弘²
Yasuyuki Murai Masaji Kawahara Hisayuki Tatsumi Iwao Sekita Masahiro Miyakawa

1. はじめに

現在、あらゆる場所にピクトグラムに代表される公共サインが設置されて、案内や誘導、説明や規制などが視覚情報として提供されている。我々は弱視者の視線を追跡・解析する目的で、眼球運動計測装置を用いて屋内・屋外歩行時における公共サインの視認具合を調査した。その結果、公共サインの多くは弱視者に視認されていない、という結論を得た。本研究の目標は、弱視の視認状況を精査して、視界にあるが視認できていない公共サイン等のランドマークに対して、その視点方向を教えたり、手元に拡大表示する、といった支援方法を考察することにある。視界や視認を訓練する映像シミュレータとして使用すれば、これまで見過ごしていた標識や公共サインの確認を弱視者自身がその場でできるので、歩行経路学習を効果的に行うことが可能となる。

2. 準備

眼球運動計測装置とは、瞳孔の動きを解析して被験者の視点を追跡できる機器である。本研究で使用したものは、図1に示す米国 ASL 社のモバイル・アイ (Mobile Eye) という装置で、メガネ型の光学ユニットと視点データの記録ユニットからなる (同図(a)参照)。光学ユニットには2つの小型カメラが装着されており、一つは被験者の目線で風景を撮影する CCD カメラ (シーンカメラと呼ばれる) で、もう一つは被験者の瞳孔の動きを計測する赤外線カメラ (アイカメラと呼ばれる) である (同図(b)参照)。



図1. 眼球運動計測装置

この2つのカメラが連動することにより、被験者の視界中での視点を測定することができる。そのため、眼球運動計測装置を使用する場合には、最初に、被験者の瞳孔をアイカメラで認識させて、シーンカメラでとらえた映像内に数個 (4個以上、通常は5~10個) の定点を決め、

その各点を被験者が注視したときの瞳孔状態を解析して、2つのカメラの較正 (キャリブレーション) を行う。較正後はカメラが同期して、シーンカメラの映像内での視点位置を正しく求めることができる。計測された映像と視点は、記録ユニットのデジタルビデオオカセットレコーダに記録される。

3. 弱視者向けの視線追跡

人間が処理する情報の大部分は視覚で得るので、少しでも残存視力があればそれに頼る。弱視の支援器具として、単眼鏡 (望遠鏡) や弱視眼鏡 (メガネにレンズを取付けて拡大するもの) があるが、単に拡大するので視点先の移動が速く、一種の酔い症状になって疲れやすい。対象物に器具を向ければ視認できるが、対象を追尾する労力が大きいので使いにくい。我々が目標とする弱視支援機器の必要条件は、1) 無理なく視点が捉えられること、2) 視力だけでなく視野も補えること、3) 歩行時のランドマーク (例えば、公共サイン等) の発見に効果を発揮すること、などを設定した。残存視力を活かしながらこれらを満たす技術として我々が着目したのが、眼球運動計測にもとづく視線追跡 (Eye Tracking) の応用である。

晴眼者に比べて、弱視者の瞳孔を認識させて較正を行うことは難しい。我々が矯正視力 0.1 未満の強度弱視者に対して較正を行ったところ、眼球振動のある者は瞳孔解析を行えなかったが、眼球振動のない者は視点精度を高く望まなければ、瞳孔の解析が可能であるとの考えに達した。以下に述べる較正と視認具合の評価は、我々が行っている暫定的なものである。

弱視者の較正に小領域 (仮に半径 r の円で表す) を使用したときの視認具合は、図2のように、視点中心から視力が落ちる場合が多く、それをグラフで表すと、大まかには図3のような様相になる。同図において点線で示した逆さの疑似ロジスティック関数が、弱視者の視認具合に近いと思われるが、この関数では視認処理が複雑なため、我々は単に実線のような、中心からの距離 d に反比例した関数

$$1 - d/r, \text{ ただし } d \in [0, r] \quad (1)$$

で、弱視者の視認具合を定義している。

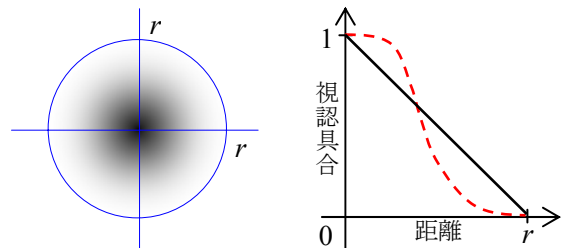


図2. 弱視者の視認具合

図3. 弱視者の視認関数

1 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

2 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

4. 視点映像の拡大と視点誘導に向けて

眼球運動計測装置の記録ユニットに保存された弱視者の視点データは、付属ソフトウェア（EyeVision）により、フレームと呼ばれる1秒間に約30枚の画像からなる動画ファイル(aviファイル)と視点座標ファイル(csvファイル)に展開できる。弱視者の視認を解析するために、視点の軌跡を描画するが、これは各フレーム画像に対応するcsvファイルに記録された視点座標を描画する約200ステップのCプログラムからなる。ある開始フレームから一定の時間で描画することにより、最終フレーム画像に、開始フレームからの視点折れ線となって残るが、弱視者は視認に時間がかかるので、晴眼者と比べて動作の少ない視認結果が得られた。

我々が目標とする弱視支援機器の機能の一つに、視認できない対象に対して、その画像を“拡大表示する”というものがある。そのためには弱視者が視線を追う対象を検知することが必要である。我々は、視線対象の検知は視点の滞留時間で捕えられると考え、滞留時間を描画するプログラムを作成した。これは視認領域（例えば5×5ピクセル）の時間密度をフレーム毎に積算するもので、視点の滞留具合を25段階で描画する（色が濃いほど滞留時間が長い）。ただし、図3に示す弱視者の視認具合を考慮した描画処理を行うために、式(1)に従って3値表示と5値表示を用意した。

図4に、図書館内における弱視者の視点滞留時間の描画を示す（視点が滞留しているほど色が濃い）。この視点密度の結果をもとに、視認対象の画像の切り出しや拡大表示等の処理を作成中である。滞留が長い視認映像が手元のモバイルPCで確認できることで、目で追ったが視認できなかった対象も、弱視者の残存視力で直ちにその場で認識できる（表示されたピクトグラム等の名称を音声で答えるという機能も検討中である）。

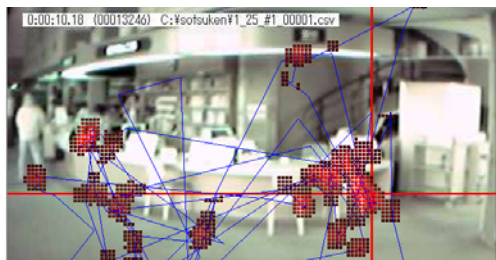


図4. 視点滞留時間の描画

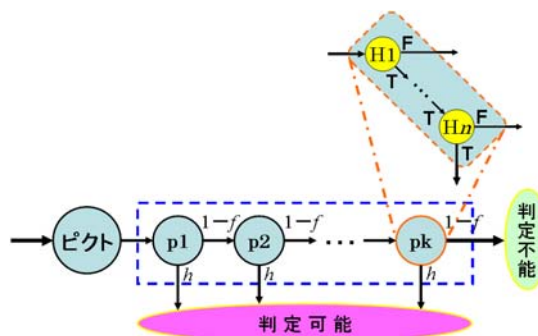


図5. ブースティングによる分類

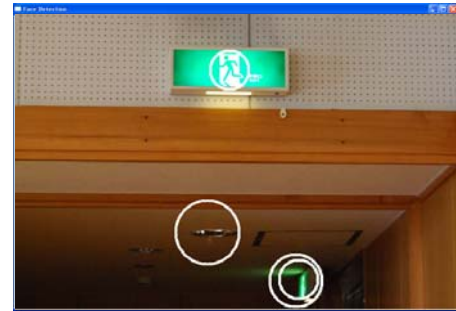


図6. 非常口のピクトグラム検出例

対象への視点誘導は、視力障害だけでなく、視野障害に有効な支援である。視野障害の強い弱視者は対象を見つけることが難しいので、代わりに支援機器が検出する。このようなパターンマッチング法として、検出力の弱い分類器を多く組み合わせることで全体として強い分類器となるような、ブースティング (Boosting) と呼ばれる分類法[1]がある（図5参照）。各分類器の学習には Haar-like 特徴 (Haar-like Feature) と呼ばれる水平・垂直方向にスケールしたパターン特徴[2]を使用する。最近、OpenCV (Open Source Computer Vision Library) と呼ばれる画像処理ライブラリが公開されており、簡単に物体検出のプログラムを作成することができる。図6は、正しい非常口のピクトグラムを正解画像として約1～2時間の学習をした後に、体育館内の画像から非常口のピクトグラムを検出した結果である（図中、検出結果が白丸で表示されている）。学習時間が少ないために非常口でない箇所も検出されているが、これらはエッジ抽出や輪郭抽出を使用した真偽判定で除外すればよい。

5. まとめ

眼球運動計測装置を使用して、公共サイン等が弱視者に視認されているかを調査した。その結果、誘導や規制などの重要な伝達サインにもかかわらず、弱視者にとって殆ど機能していないことが判明した。その原因として、利便性や人の流れが優先され、設置位置や大きさ、色合いの工夫もなされていないことなどが挙げられる。また、屋内では照明状態により、屋外では天候状態により、極端に視認が変わるものも存在した。本研究の目的は、弱視者の視点を解析することで、視認を支援する補償機器を開発することであり、逆に、開発した機器から検出しやすい公共サイン等の提言も行いたいと考えている。

謝辞：本研究は平成21年度科学研究費補助金（基盤研究(B), 21300079：“公共サインを目印とした弱視の歩行訓練映像シミュレータの開発”）の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] P. Viola, M. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features”, Proc. 2001 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, vol.1, pp.511-518, 2001.
- [2] R. Lienhart, J. Maydt, “An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection”, IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing, Vol.1, pp.900-903, 2002.