

弱視者の視線解析と視認支援に向けた取り組み（その1） — 視点映像拡大表示システムの提案 —

筑波技術大学保健科学部¹⁾，筑波技術大学²⁾，日本薬科大学薬学部³⁾

巽 久行¹⁾ 宮川正弘²⁾ 村井保之³⁾

要旨：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。

キーワード：弱視、視線解析、視認支援、公共サイン、視野画像の切り出し

1. はじめに

公共空間のバリアフリー化が進み、誰もが取得しやすい情報伝達手段として、ピクトグラム（絵文字、例えば非常口のマーク）に代表される公共サインが設置されている。これらのサインは案内や誘導、説明や規制等の大切な情報にも関わらず、弱視者に適切に伝達されているとは言い難い。そこで我々は、眼球運動計測装置を用いて弱視者の視線を追跡・解析し、屋内屋外の歩行時における公共サインの視認具合を調査した。結果は、やはり視認できておらず、その理由は、サイン自体の大きさや見やすさ以外に、人の流れや機能を優先した設置状況や周辺環境にあった。

本研究の目標は、弱視者が公共サインを視認できていないことに対して、どのような補償や支援を行うかを考察することにある。我々が考えている視認を支援するシステムとは、例えば、視界に入っているが視認できない対象に対して、視点先の画像を利用者の手元の端末で拡大表示して確認できたり、視点の誘導を音声で行う、などといった機能を持つものである。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、歩行時の状況判断が向上して、歩行経路学習や認知地図の創生などを効果的に行うことが可能となる。

2. 準備

公共サインとは、直感的な情報伝達を目的とした、公的機関が公共空間に設置する掲示物を指す。ピクトグラムに代表的される視覚記号を、ユニバーサルデザインの基準に沿って設計したものが多い。種類は様々であるが、目的や設置場所に応じて、次の5つの機能に分類される。

- (1) 定点機能： 現地点や建物等の名称を示す。
- (2) 説明機能： 現地点や建物等の内容を示す。
- (3) 案内機能： 所在場所や位置関係を示す。
- (4) 誘導機能： 目的地や次の定点の方向を示す。
- (5) 規制機能： 禁止・指示・警告等を示す。



図1 眼球運動計測装置：モバイル・アイ

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)。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、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



図2 瞳孔の解析



図3 視界中の視点

が注視したときの瞳孔状態を解析して（図2参照）、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（図3参照。クロスカーソルの交わりが視点である）。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カセットレコーダに記録される。

3. 弱視者向きの視線追跡

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、一種の船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要件は、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の要件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（モバイル・アイの瞳孔解析ソフトは米国ASL社の特許であるので、較正の際の被験者の注視先を点ではなくて、多少精度が落ちてでも小領域にすることで、弱視者でも簡単に較正ができるように打診している）。以下に述べる較正と視認具合の評価は、我々がや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4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5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。

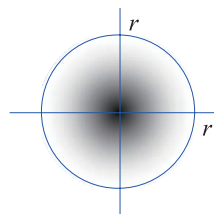


図4 弱視者の視認具合

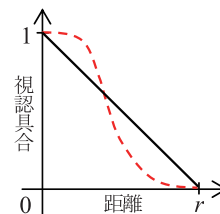
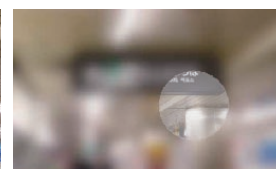


図5 弱視者の視認関数



(a) 晴眼者の見え方



(b) 弱視者の見え方

図6 駅構内の視界の一例

図6は駅校内の視界の一例であるが、晴眼者の見え方が図(a)とすると弱視者の見え方は図(b)のようになる（視力低下のばやけとして、画像にガウスフィルタをかけ、視野低下として、比較的に見えている狭窄部分を円枠で表現した）。弱視者に見たい対象が視認できない場合はどうするかを聞いたところ、例えば、携帯電話のカメラ機能で撮れば、その画像に目を近づけて確認すると答えた。彼らにとってカメラを対象先に向けるのは難しいが、その視線は確かに対象を追っている。眼球運動計測装置を使えば残存視力で無理なく見たい対象が捉えられて、さらに、視点先の画像を手元の端末で拡大表示すれば、視力や視野に関係なく、対象を確認できる（本研究では、このような視認支援機器に展開するため、米国ASL社に対して、モバイル・アイの光学ユニットから記録ユニットを通さずに直接パソコンにデータが送れる機器の開発を依頼している）。

4. 公共サインの視認調査

眼球振動のない矯正視力0.1以下の3名の強度弱視学生に協力をいただいて、公共サインの視認調査を行った[1]。被験者は視力障害だけでなく、視野狭窄・中心暗点・欠損等の視野障害も伴っている。最初に、被験者に対して眼球運動計測装置の設定を行う。設定はモバイル・アイの付属ソフトウェア（EyeVisionと呼ばれる）を用いて行い、各被験者の較正結果はファイルに保存される。較正後、視界中

の視点位置が正しいか否かを検査し、図4の小領域内の中心近くで視認が行われているかを確認してから実験を開始した。眼球運動計測装置を装着して屋内屋外を歩行し、被験者が公共サインの視認状態に入ったときに、聞き取り調査で視認具合と、そのときのシーンカメラの映像記録を収集した。視認状態での聞き取り項目は以下の通りである。

【調査項目】公共サイン等に対して、

- (1) 発見距離、および、設置位置。
- (2) 色の見やすさ、および、周囲との識別。
- (3) 視認距離、および、視認した内容。
- (4) 視認対象は普段の歩行時に利用できるか？
- (5) 改善点。

実験は本学がある茨城県つくば市の、TXつくば駅周辺で公共性の高い、病院・図書館・駅の屋内と、駅周辺地域の屋外で行い、公共サインを機能別に5段階で評価した。結果は、一般に定点機能は発見しやすくて、視認の度合いも比較的高かった。説明機能や案内機能は情報量が多いために、ほとんどが評価の対象にならなかった。また、誘導機能は発見しにくくて視認も難しく、規制機能は発見できれば視認できる割合が高かった。例えば、定点機能であるトイレマークは見慣れていることもあるが、設置位置が目の高さに近くて色合いや形も良く、実験の多くは1m以内で対象を発見して直ちに視認ができていた。誘導機能である非常口は、人の流れが優先されるために天井近くに設置されることが多い。このため、遠くからの発見には便利であるが、弱視者は近くでないと視認できないので、多くは見過ごされていた。さらに、規制機能は色合いが目立つので、その視認具合は設置位置に依存した。

5. 視点データの解析

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。aviファイルは、フレームと呼ばれる1秒間に約30枚の画像からなるが、我々はパソコン上で画像処理を行うためにbmpファイルに変換している(aviファイルは圧縮されているために、Windowsパソコンでプログラムが作成しやすく圧縮のないbmpファイルを採用した。aviからbmpへのファイル変換はフリーソフトを使用している)。

弱視者の視認を解析するために、視点の軌跡を描画する。これは、各フレームのbmp画像に、そのフレーム番号に対応するcsvファイルに記録された視点座標を描画するものである(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が折れ線となって残る。その際、開始フレームから最終フレームまでの画像がほぼ同じであれば、被験者の視界が動かずに(被験者の頭や体が動かずに)視認が行われたので、その視点軌跡は意味を持つ。被験者には前もって視認状態に入ったときは身体を動かさないように言っていたが、大抵の場合、

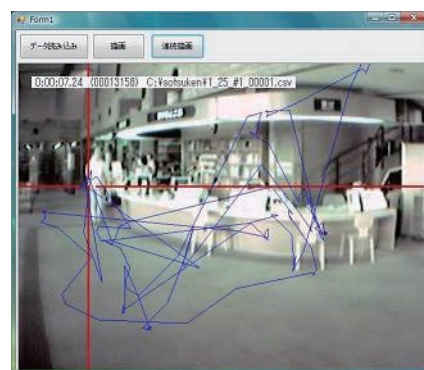


図7 図書館受付に対する視点軌跡

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。図7に、図書館内で受付を探している視点軌跡を示す(図中のクロスカーソルの交点は、最終フレーム画像の視点位置である)。

6. 視点映像の拡大と視点誘導に向けて

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5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、図8に示す3値表示と5値表示を用意した。図9に、図7の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)。また、視



図8 弱視を考慮した描画（左：3 値、右：5 値）

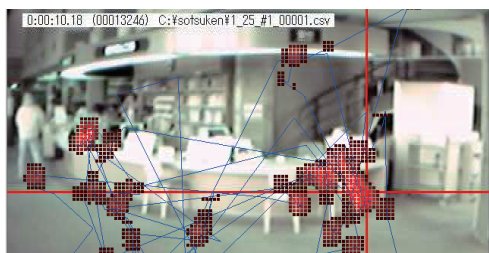


図9 視点滞留時間の描画



図10 視野障害（狭窄）を配慮した描画

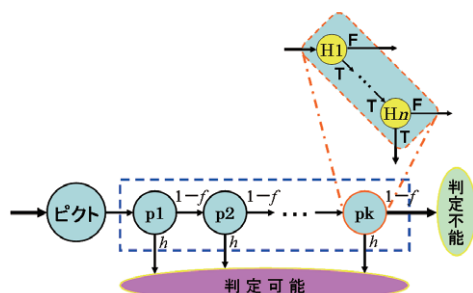


図11 ブースティングによる分類

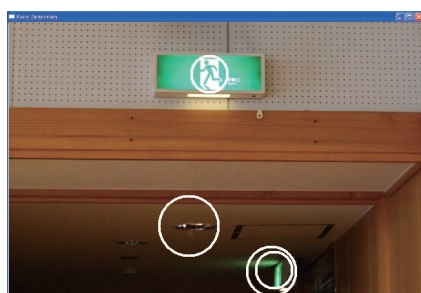


図12 非常口のピクトグラム検出例

視野障害を視認状況の解析に付加するため、簡単な検査用描画を作成した（図10参照）。これにより被験者は、視野障害の有無による視界を対比して確認することができる。

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 [2] がある（図11参照）。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リングしたパターン特徴 [3] 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、簡単に顔検出や物体検出のプログラムを作成することができる [4]。図12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、体育館内の写真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ることができる。

7. おわりに

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ている。

参考文献

- [1] H. Tatsumi, Y. Murai, I. Sekita, M. Miyakawa, “Public Signs Sight Assessment for Low Vision through Eye Tracking”, Springer LNCS 5105 (Computers Helping People with Special Needs, 11th Int. Conf., ICCHP2008), pp.138-141, 2008.

- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] NAIST (奈良先端大) OpenCV プログラミングブック制作チーム, "OpenCV プログラミングブック 第2版 OpenCV 1.1対応", 毎日コミュニケーションズ, 2009.

Eye tracking analysis and visual aids for low vision (Part 1) **— A proposal for a guiding/zooming system of a point of gaze —**

TATSUMI Hisayuki¹⁾, MIYAKAWA Masahiro²⁾, MURAI Yasuyuki³⁾

¹⁾ Faculty of Health Sciences, Tsukuba University of Technology

²⁾ Tsukuba University of Technology

³⁾ School of Pharmacy, Nihon Pharmaceutical University

Abstract: Public signs are set up in public spaces for the convenience of people (for guidance, notification, and other purposes). Often, pictograms are used instead of letters to catch the attention of the public. Using an eye tracking technique, we have experimentally examined the ease of finding public signs on the streets and in the interior of buildings by low vision people. We found that they hardly notice these signs while walking in public places even under clear weather conditions. The purpose of our project is to conduct a visibility study wherein we wish to analyze low vision through an eye tracking technique and to develop a system for guiding the gaze point to a missing public sign and zooming into it.

Key words: Low vision, Eye tracking analysis, Visual aids, Public signs, View image segmenting