

視野狭窄の視知覚を再現する画像フィルタの開発とその応用 —当事者として—

Development and Application of an Image Filter Replicating Peripheral Vision Loss —As The “Person Concerned”—

金子 祐二[†]
Yuji Kaneko

[†] 東北大学大学院 教育学研究科
Graduate School of Education, Tohoku University
yuji.kaneko.t1@dc.tohoku.ac.jp

概要

視野狭窄を持つ網膜色素変性症当事者の主観的視覚体験を再現するため、画像フィルタを提案し、その開発と応用の展望について報告する。本報告では画像処理手法により移動物体の除去と周辺視野領域のぼかし処理を行った。本処理により当事者の主観的視覚体験を一定程度再現できることを確認した。今後視線計測や適応性に関する研究を進めることで、人間の主観的視覚体験の発生機序に関する新しい知見が得られる可能性がある。

キーワード：視野狭窄、主観的視覚体験、福祉工学

1. はじめに

網膜色素変性症 (retinitis pigmentosa : 以下 RP) は、網膜の視細胞および色素上皮細胞の変性により、夜盲・視野狭窄などの症状を伴う進行性疾患である[1][2]。RP は 4000～8000 人に 1 人の割合で発症するとされ、現在根本的治療法はなく、2015 年からわが国の指定難病の一つに認定されている[3]。

著者は 2020 年末に RP と診断された。矯正中心視力は 1.0 程度であるが、視野は水平・垂直方向とも晴眼者 (視覚が健常な者) の 1/3～1/4 程度で、視野障害 2 級の身体障害者である。疾患の特性上、診断のかなり前から視野に障害があったと考えられるが、診断前には自覚はなく、この見え方が普通だと認識して長年生活し、自動車の運転などもしていた。告知された際は「晴眼者は私の何倍も見えているのか」と驚いたほどである。

RP と診断されて以来、私が体験した最も大きな困難は、「目の見えにくさ」そのものよりも、「見えにくさ」を他者に伝えることの難しさであった。

一般に「視力」と言われる中心視野視力は、ランドルト環による検査結果が社会に広く浸透しており、その数値で他者の「視力」が了解可能である。一方視野狭窄の度合いについては、医療や福祉の現場では、「ゴ

ールドマン型視野計」・「エスターマン型視野計」による測定値 (角度) が用いられることが多く、わが国では障害等級の判定にも用いられている。しかし当事者は職場や日常生活の現場では、伝わりづらい角度そのものを使わず「1m 離れるとサッカーボールくらい[4]」や「(両手で角度を作って顔の前に掲げて) このくらい」といったような表現をしている。ここには、角度というものが伝えにくいという問題のほかに、医学的な診断結果である角度と、「このくらい見えているように感じる」という主観的視覚体験との間にギャップがあるという問題がある。

このギャップは、様々な心理的葛藤を惹起する。例えば自動車を安全に運転するには、周辺視野が重要であることは自明に思えるが、定量的な調査は少なく[5]、実際わが国では、運転免許の取得・更新時に周辺視野を測定することはなく、運用上、視野障害があっても運転免許を取得・維持することが「できてしまう」状態である (ただし RP のあるドライバーの重大交通事故に関する判例を見ると、事故前に RP と診断され、さらに医師から運転が困難であると指摘されていたにも関わらず事故を起こした場合、ドライバーの重過失とされた判例があるようである[6])。運転するかしないかは当事者の判断に任されているのである。これは生活や仕事に運転が必要な当事者に、大きな葛藤を生む。

ではなぜギャップが生まれるのか。そこには、晴眼者にせよ当事者にせよ、そもそも人間はどのように視覚情報を感じているのか、という主観の問題がある。

著者は当事者としてさまざまな場面で「存在しているものがないかのように感じる」経験をする。例えば、道を歩いていて、後ろから来た車に抜かされる時、音から判断して車が周辺視野にあるはずの時点で車は見えず、中心視野に入った瞬間に突然現れたように感じられる。周辺視野領域は実際に見えてはいないが、見えているように感じられるため、車は来ていないよう

に感じ、またワンテンポ遅れて急に車が来たように感じると考えられる。同様な感じ方として、緑内障患者が、盲点付近にあるものが消失したように感じることもあるという報告[7]もある。

そもそも医学的には RP 当事者の網膜の視神経細胞が全て非活性化しているわけではないから、単に周辺視野が暗黒なわけではなく、ぼんやりと光を感じられる。「中心視野よりも周辺視野の視力が低い」という事象は、定性的には晴眼者も同様であり[8]、つまり程度の問題である。

さらに、予測符号化理論[9]に照らせば、人間は、網膜が光を受容して実際に見えているボトムアップ的な知覚と、聴覚などの他のモーダル情報・記憶・概念といった様々な情報から脳がトップダウン的に行う予測とが、時間的空間的に連続に織り混ざった心的イメージとして知覚していると考えられる。この視点で見ると、視野狭窄患者は、ボトムアップ的知覚の欠如による予測の誤りの結果として、存在しているものがないかのように感じられたり、逆に存在していないものがあるかのように感じられたりする可能性がある。

この、視覚体験に否が応でも主観性が入り込む点が、単に客観的に数値で表せない、「見えにくさの伝えづらさ」の一因と考える。そしてこの伝えづらさは、当事者としての QoL, 例えば歩行時の安全性、自動車運転時の安全性、パソコン操作時の環境などの評価や改善を難しくしている。

そこで、当事者の感じ方・主観性を積極的に取り入れた画像フィルタを開発すれば、それをを用いた当事者の QoL 評価改善が可能になるのではないかと考えた。本報告では、その開発と応用の展望について述べる。

2. 実装

視野狭窄による不自由を軽減しようとする研究や技術開発は数多く存在している[10][11]が、視野狭窄の視覚体験を提供する研究は多くない。一例として Zhang らの研究[12]が挙げられる。この研究では、一種のスマートグラスを開発し、視線計測しながら周辺視野が欠損した映像をレンズに投影する。晴眼者に比較的簡便に視野狭窄体験を提供することができるが、本研究の目的である主観的視覚体験、例えば「存在しているものがないかのように感じる」ことの提示は難しい。

主観的視覚体験という観点では、精神疾患の領域で

あるが、長井らの自閉スペクトラム症(ASD)視覚体験シミュレータの研究があり[13]、ASD 者特有の視覚体験が、必ずしも高次認知機能の非定型によるものではないとしている。一方で本研究では、最も低次な、網膜の疾患による視覚刺激の非定型が、主観的視覚体験にいかなる影響を与えるかに関する知見を得ることも期待できる。

本報告では、主観的視覚体験を提示するシステムの出発点として、「存在しているものがないかのように感じる」を提示する画像フィルタを作成し、考察することを目的とする。

画像処理や機械学習の分野で、物体を除去する既存技術として、

- ・セマンティックセグメンテーション
- ・背景差分法などの画像処理による移動物体検出
- ・学習モデルによる物体認識

などがある。本研究では背景差分法により背景と移動物体を分離し、周辺視野から移動物体を除去し（即ち周辺視野として背景のみを提示し）、視覚体験の提供を試みる。また周辺視野にはぼかし処理を入れ、視野狭窄の見え方に近づける。

本報告では、カメラを固定して撮影した動画にオフラインでフィルタをかけ、比較検討した。ソースコードは <https://github.com/yujikaneko/RPView> 参照のこと。

3. 結果

フィルタをかける前後の動画のうち、一部のフレームを図1に示す。

フィルタをかけた後のフレームでは、周辺視野に存在している走行中の自動車や歩行者が消え、認識できない。動画を連続的にみると、自動車や歩行者が中心視野付近で急に現れ、消えていくように感じられる。

4. 考察

本報告のフィルタによる結果では、当事者の主観的視覚体験の一つである「あるはずのものがないように見える」感覚をある程度提示できた。本考察では、以下の観点を検討する。

- ・視線計測
- ・適応性
- ・当事者 QoL 向上
- ・技術的制約
- ・視覚体験の発生機序解明への寄与

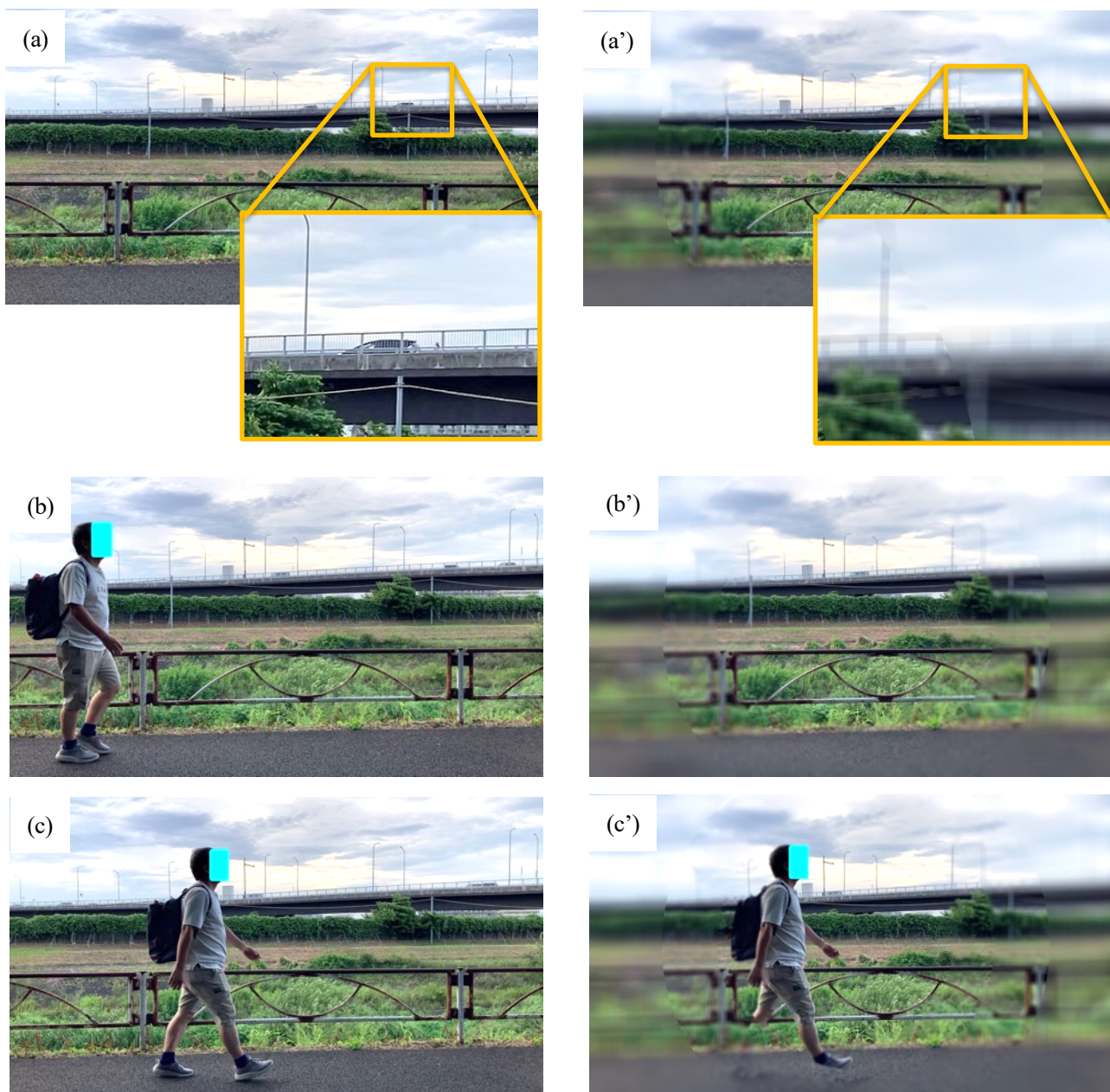


図1 フィルタ前後のフレーム

(a) : フィルタをかける前の元画像. 橋の上を右から自動車が行っている。

(a') : (a) にフィルタをかけた画像. 橋の上の自動車は認識できない。

(b), (c) : フィルタをかける前の元画像. 歩行者が左から右へ歩いている。

(b'), (c') : (b), (c) にフィルタをかけた画像. (b')では周辺視野に歩行者がいるが、認識できず、その方向には背景があるように感じられる。(c')で歩行者が中心視野に近づくと、急に現れたように感じられる。

視線計測

本報告のフィルタでは注視点は画面中央で固定としたが、視線の動きや注視点の変化が視覚体験に与える影響を検討する必要がある。特に視野狭窄当事者は、その視野の狭さを補うために、晴眼者とは異なる視線の動きを行なっている可能性がある。

技術的には、大きなスクリーンもしくはヘッドマウ

ントディスプレイに画像を提示しながら視線計測を行い、視線の向いている先を中心にフィルタをかけることで模擬が可能である。この技術は VR における「中心窩レンダリング」と呼ばれる技法に近いものであり、演算量削減や「VR 酔い」の低減に向けた研究が行われている領域である[14]。

視線方向や注視点変化を考慮に入れることで、周囲

の情報の把握や物体の位置認識にどのような影響があるかがより詳細に検討できると考える。

適応性

本報告では入力動画として一つのシーンを採用したが、複数のシーンに適応させる場合、明るさや場面に応じてパラメータの調整が必要であり、また調整を行っても十分に性能を発揮しないこともあり、適応性を考慮すると機械学習を用いた物体認識技術などの採用を検討する必要がある。

また本報告では、被験者は当事者である著者のみであるが、異なる視覚障害の程度や症状に対して、どの程度適応できるかの評価が必要である。現在、当事者団体や支援団体に協力を要請しているところである。

被験者数を増やすことで、ゴールドマン視野計測などの視野計測結果とフィルタのパラメータとの相関関係が明らかにできれば、視野計測結果の数値よりも伝えやすい見え方を共有できるツールとなる可能性もある。

当事者 QoL 向上

本研究の画像フィルタは当事者の QoL 向上にどの程度寄与できるであろうか。

当事者の見え方が本研究のフィルタで伝えやすくなれば、例えば介助者への「いい按配」な介助の依頼がしやすくなる、白杖を用いた歩行訓練時に気づきを得やすいなどの効果が期待できる。

技術的制約

画像フィルタは現時点で動画ファイルに適用しているが、安価な PC でもリアルタイム処理可能である。しかし上述のように同時に視野計測を行ったり、機械学習を行ったりする場合は性能について検討が必要である。

視覚体験の発生機序解明への寄与

「適応性」で述べたパラメータ調整の課題は単なるコンピュータビジョンの問題に思われるが、ではどのようにして人間は適応しているのか、と考えれば、視覚体験の発生機序に関して新たな知見を得られる可能性がある。上述の予測符号化に基づけば、人間は常にトップダウン的な予測を行っている。同様の工学的手法として、オートエンコーダーや生成系 AI による予測手法があり、これを実装することでより主観的視覚体験に近づくことが可能になるであろう。

5. まとめ

RP 当事者である著者が体験している、視野狭窄の症状のある網膜を通した主観的視覚体験をシミュレーションするフィルタの開発を試みた。著者の主観的な視覚体験を一定程度再現できたが、今後、視線計測と注視点対応、複数の被験者での試験を通してフィルタを精緻化するとともに、当事者の QoL 向上のための応用を検討していきたい。

文献

- [1] 厚生労働科学研究費補助金難治性疾患政策研究事業網膜脈絡膜・視神経萎縮症に関する調査研究班 網膜色素変性診療ガイドライン作成ワーキンググループ, (2016) “網膜色素変性診療ガイドライン”, 日本眼科学会雑誌, Vol. 120, No. 12, pp. 846-861.
- [2] 清水里美, 築島謙次, (2007) “IV.年齢と疾患によるケアの特徴 3.疾患別特徴 1) 網膜色素変性症”, ロービジョンケアガイド, pp. 136-140.
- [3] “難病情報センター「網膜色素変性症」”, <https://www.nanbyou.or.jp/entry/196>, 2023年6月18日閲覧.
- [4] “東京工業大学伊藤亜紗教授ホームページ 成澤俊輔さんインタビュー記事”, http://asaito.com/research/2021/05/post_79.php, 2023年6月18日閲覧.
- [5] 伊藤誠, (2022) “視野障害と運転”, 国際交通安全学会誌, Vol. 47, No. 3, pp. 165-172.
- [6] 国土交通省自動車局, (2022) “自動車運送事業者における視野障害対策マニュアル”
- [7] Hoste, AM., (2003) “New insights into the subjective perception of visual field defects”, Bull. Soc. Belge Ophthalmol, Vol. 287, pp. 65-71.
- [8] 金子章道, (2005) “網膜-デジタルカメラとは違う構造と機能”, 日本生理学雑誌, Vol. 67, No. 3, pp. 102-110.
- [9] 乾敏郎, 阪口豊, (2021) “自由エネルギー原理入門: 知覚・行動・コミュニケーションの計算理論”, 岩波書店.
- [10] Younis, O., Al-Nuaimy, W., Rowe, F., & Alomari, M. H., (2019) “A smart context-aware hazard attention system to help people with peripheral vision loss”, Sensors, Vol. 19, No. 7, 1630.
- [11] Ambard, M., (2022) “Sunny Pointer: Designing a mouse pointer for people with peripheral vision loss”, Assistive Technology, Vol. 34, No. 4, pp. 454-467.
- [12] Zhang, Q., Wang, X., Starmer, T., Huang, Y., Chernyshov, G., Barbareschi, G., ... & Kunze, K., (2022) “Experience Visual Impairment via Optical See-through Smart Glasses”, In Adjunct Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology.
- [13] 長井志江, 秦世博, 熊谷晋一郎, 綾屋紗月, 浅田稔, (2015) “自閉スペクトラム症の特異な視覚とその発生過程の計算論的解明: 知覚体験シミュレータへの応用”, 日本認知科学会第 32 回大会発表論文集, pp. 32-40.
- [14] 橘康貴, 今給黎隆, (2018) “Coarse Pixel Shading を用いた VR 酔い対策のための描画の高速化技法”, 研究報告コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学 (CG), Vol. 2018, No. 1, pp. 1-6.