

体験時と記録映像閲覧時の視線行動の比較分析

村上 聖将^{1,a)} 角 康之^{1,b)}

概要: 我々の無意識の視線行動は、個人の知識や興味に依存する一方で、人間（あるいは動物）としての反射にも依拠すると考えられる。本研究では、頭部装着カメラで体験時の視線計測をしつつ一人称視点映像の記録を行い、その映像をモニターに表示して体験者本人と他者にそれぞれ閲覧してもらい、その際の視線計測を行った。それらのべ3者の視線行動を比較したところ、誘目性の高い対象に対する反射的な視線行動の一致が確認されるとともに、知識や興味の違いが視線行動の違いに端的に現れることが確認された。体験者自身の体験時と映像閲覧時の視線行動の変化から、身体動作の有無による視線行動の意味についても議論する。

Comparative Analysis of Gaze Behavior Between Real Experience and Video Viewing

KIYOMASA MURAKAMI^{1,a)} YASUYUKI SUMI^{1,b)}

1. はじめに

我々の無意識の視線行動は、個人の知識や興味に依存する一方で、人間（あるいは動物）としての反射にも依拠すると考えられる。かと言って、同じ視覚刺激を複数人に与えて、視線行動が一致する部分がある、その一方で異なる部分もある、と言っているだけでは、その原因を解きほぐすことは困難であるし、人の視線行動の理解を深めることは難しい。

そこで本研究では、少々トリッキーな方法ではあるが、頭部装着カメラで体験時の視線計測をしつつ一人称視点映像の記録を行い、その映像をモニターに表示して体験者本人と他者にそれぞれ閲覧してもらうことで疑似的に同一の体験してもらい、その際の視線計測を行った。つまり、体験者本人の体験時の視線計測と映像閲覧による追体験時の視線計測、そして、他者による映像閲覧時の視線計測の、のべ3者の視線行動を比較分析してみることにした。

その結果、視野に他人が入り込んできたり、対象物に自らの手を伸ばしているような誘目性の高い対象に対しての

反射的な視線行動については3者の一致が確認された。その一方で、体験者ともうひとりの映像閲覧者の間の知識や興味の違いが視線行動の違いに端的に現れる場面も確認された。また本稿では、体験者自身の体験時と映像閲覧時の視線行動の違いに着目し、身体動作の有無による視線行動の意味についても議論する。

2. 関連研究

2.1 体験と一人称視点映像

体験の記録と振り返りに一人称視点映像を利用する試みは研究・実用の両面で多くなされてきた。筆者の研究グループも、協調体験を各々の視点で記録した複数視点映像の閲覧が体験の振り返りに与える影響の分析 [1] や、一人称ライフログ映像を用いた顔数計の提案 [2] を行ってきた。一人称視点映像の振り返りに、当事者の視線情報が有益であることは数多く報告されてきたし（例えば [3] や [4]）、Higuchi ら [5] は一人称視点映像に映り込む他者の顔や自分の手を手掛かりにして映像振り返りを効率化する手法を提案した。また、Kasahara ら [6] は、リアルタイムに他者の一人称視点映像を見ることができシステムを開発し、それによって人間の行動がどのように変化するかを観察した。本稿では、体験者自身の体験時と記録映像閲覧時の視

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

a) k-murakami@sumilab.org

b) sumi@acm.org

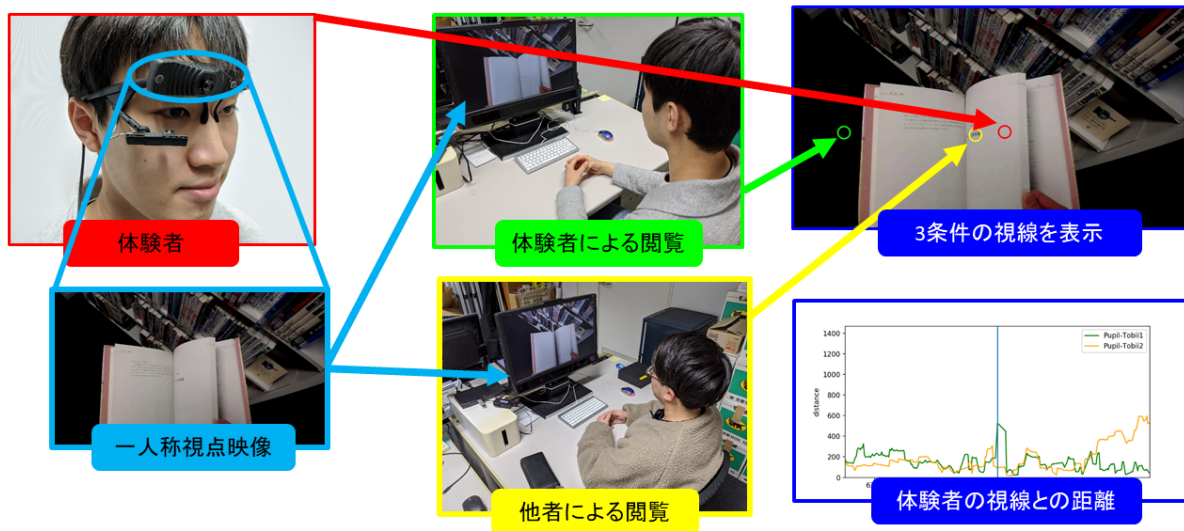


図 1 データ収集の手順

視線行動の相違や、体験者と他者の視線行動の相違を観察することで、視線行動の背景にある認知をより深く理解し、視線情報のさらなる活用の可能性を開拓することを試みる。

2.2 視線行動と知識の関係

視線行動は当事者の知識の有無と大きく関係すると考えられる。Augereau ら [7] は、英文を数行読むだけで、その際の視線行動から TOEIC のスコアを推定するシステムを開発した。Ishimaru ら [8] は、学習理解の深さと参考書を読む速度に相関があり、理解が深いほど参考書の図表を見ていないことを示した。Yamada ら [9] は、選択型問題の回答に対して、視線情報から確信度を推定し、より学習者の理解力に合った学習支援システムを提案した。Cheng ら [10] は、論文を読んでいる際の視線行動の違いから、注釈を表示するシステムを開発するために、教員と学生の視線行動の違いを分析した。これらはいずれも応用指向の研究開発だったので、閲覧対象となるコンテンツはあらかじめ構造化されていた。本稿では、より日常的な活動記録データから探索的に視線行動と当事者の知識に関する知見を見出すことを目的としている。

2.3 視線行動と身体動作の関係

視線行動は身体動作の一部である。したがって、歩行、姿勢変化、手作業といった身体動作と、それに伴う視線行動を合わせて理解することが望ましい。Land ら [11] は、調理時の視線行動を対象とし、人間の視線は作業に関連する物体に集中する傾向があるとして、それは特に、位置特定、指示、ガイド、チェックの4種類に分けられるとした。

そして「視覚は希少で価値のある資源であり、他の感覚が引き継ぐことができれば、すぐに行動の特定の側面から解放される」という考察を行った。Biguer ら [12] は、現実空間においては視線が指差しなどの身体動作よりも先行して対象に向いているとした。いずれも興味深い知見であるが、これらの先行研究は、実空間における視線行動と身体動作の関係のみを議論している。本研究は、ここで述べられたような現象が、映像閲覧による追体験時にどのように現れるのかを探索するものである。

2.4 体験時と映像閲覧時の視線行動の比較分析

Foulsham ら [13] は、本稿で示す方法と大変近いことに取り組んでいる。つまり、実世界と実験室環境での視線行動の違いを明らかにすることを目的に、実空間でのタスクを一人称視点映像で記録し、それを編集した映像を実験室環境で閲覧してもらい、それぞれの視線行動を比較する研究を行った。その結果、実体験時と実験室環境での視線行動には類似する部分が多いものの、視線移動のタイミングや、注視対象への視線停留時間に違いが観察されたことが報告されている。我々の観察でも似たような現象が再現されており、本稿では、そのことの原因を議論する。また、体験者自身と他者の視線行動の違いについてもより深く観察する。

3. データ収集と分析の手順

ここでは、本研究でのデータ収集の流れと分析手法について述べる。データ収集の概要について図 1 に示す。大まかな流れとしては以下の通りである。

- (1) 頭部装着型視線計測装置を用いて体験を記録する
 - (2) 体験記録映像を本人および他者に見てもらう
 - (3) 1,2 で得た 3 つの視線計測結果を比較分析する
- 本研究では、1 で体験を行った人のことを「体験者」、2 で体験記録映像を閲覧した人のことを「閲覧者」とする。また、体験者の体験時の視線を「体験時の視線」とし、体験者本人が閲覧した際の視線を「本人閲覧時の視線」、体験者ではない人物が閲覧した際の視線を「他者閲覧時の視線」と呼ぶ。

3.1 体験記録

実世界体験中の視線情報を記録するために、頭部装着型の視線計測装置である Pupil Labs 社製の Pupil Headset を利用した。Pupil Headset には、装着者が見ている前方視野を撮影するための外カメラと、装着者の瞳を記録するためのカメラの 2 つのカメラで構成されている。そのため、Pupil Headset を用いることで、装着者の頭部一人称視点映像を撮影すると同時に視線情報を記録することができる。

Pupil Player では、視線計測結果を外カメラが撮影した映像に書き込むことや、視線計測結果を csv 形式で出力することができる。本研究では、撮影されて何も加工していない外カメラの映像と、視線計測結果の csv データ、同期用のタイムスタンプが書かれたファイルを使用する。

記録する実世界体験については、10 分間程度の日常的な活動を探索的に選択し試みた。その際、本研究の意図に沿うように、当事者の自発的な行動と周辺の情報との相互作用が観察されやすい状況を選んだ。具体的には、大学内の散策、図書室の散策、食事、デジタル工房での作業についてデータ収集を行った。

3.2 記録映像閲覧方法

Pupil Headset では視線計測と同時に、前方向きの外カメラによって一人称視点映像が記録される。この映像をモニターに表示し、映像閲覧者の視線計測を行う。モニターによる映像閲覧時の視線計測には Tobii Pro TX300 (以下 Tobii) を用いた。閲覧者は、体験者本人と、体験に関わっていなかった第三者を選んだ。

Tobii はモニター型の視線計測装置であり、画面上に任意のものを表示し、視線計測することができる。閲覧者には Tobii の前に座ってもらい、キャリブレーションを行った後、記録映像を閲覧してもらった。このときに再生する動画は、Pupil Headset で記録した視線情報は表示していない。そのため、閲覧者は体験者が見た体験映像を追体験することとなる。

動画が終了した後、視線計測結果を tsv 形式で書き出す。この tsv ファイルには、画面サイズに対する視線の X, Y 座標やマウスイベント、キーイベントが記録されるように設定した。

3.3 視線計測結果の可視化



図 2 一人称視点映像に 3 者の視線を重畳表示した例：赤が体験時の視線、緑が本人の記録映像閲覧時の視線、黄色が他者の記録映像閲覧時の視線を表す

視線行動を比較分析するために、Pupil Headset で記録した視線情報と Tobii で記録した視線情報を同期させる必要がある。Pupil Headset の外カメラで記録した映像に対して、体験者と閲覧者の両方の視線情報をプロットする。例を図 2 に示す。赤色の円が体験時の視線、緑色の円が本人による記録映像閲覧時の視線、黄色の円が他者による記録映像閲覧時の視線を示す。

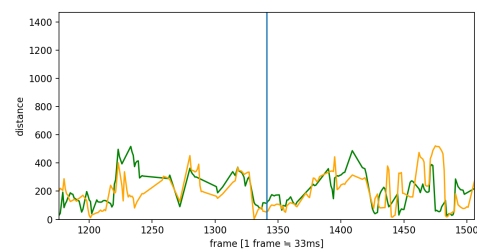
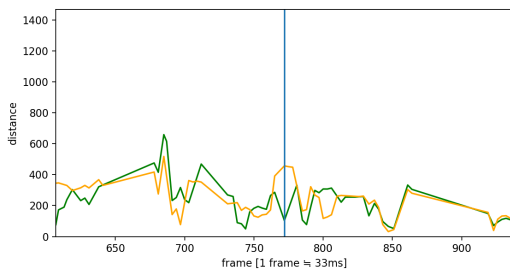
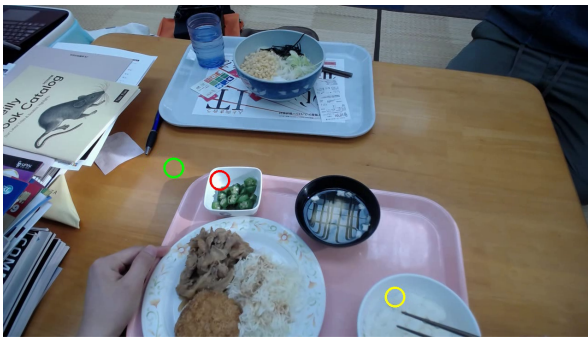


図 3 3 者の視線のずれのグラフ表示：横軸は経過フレーム数、縦軸は視線のずれを表す。緑色の折れ線は体験者本人による体験時の視線と記録映像閲覧時の視線の距離を表し、黄色の折れ線は体験時の視線と他者による記録映像閲覧時の視線の距離を表す。

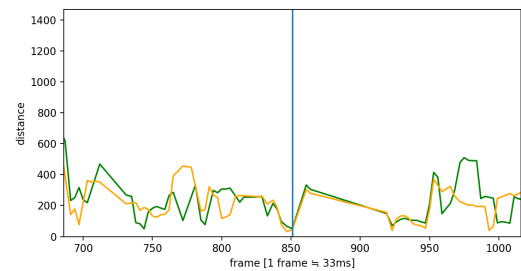
3 者の視線の相違を可視化するために、映像上にプロットされた視線の 2 次元座標の互いの距離を計算し、グラフ表示することとした。例を図 3 に示す。横軸が動画と同期した経過時間、縦軸が視線位置の距離である。緑線は体験時の視線と本人閲覧時の視線の距離であり、黄色線は体験時の視線と他者閲覧時の視線の距離である。青色の縦線は注目フレームの位置を表している。横軸は注目フレームから前後約 5 秒、合計 300 フレーム分表示する。縦軸は 0 を最小、映像の対角線の距離を最大値として表示する。このグラフを見ることで、注目フレームの前後の視線行動をある程度把握することができる。

4. 結果と考察

得られたデータから、体験者の視線と体験記録映像閲覧者の視線の間にどのような関係があるのかを見ていく。



(a) 772 フレーム目



(b) 851 フレーム目

図 4 3者の視線が一致する例：手を伸ばした小鉢に視線が集まっている

4.1 誘目性の高い対象に対する反射的な視線行動の一致

体験者の身体動作や、体験記録映像中に映っている通行人（つまり他者による身体動作）などに反応して、体験者と閲覧者の視線行動が一致することが確認できた。

図 4 に示すのは食事のシーンである。トレイ奥の小鉢に手を伸ばすまでの 2,3 秒程度の様子を表している。図 4(a) の段階では、3 者の視点は分散していることがわかるであろう。しかし、体験者が小鉢に左手を伸ばした瞬間（図 4(b)）に 3 者の視点は小鉢に集まる。ここで図 4(a) を見返してみると、体験者の視線（赤丸）は手を伸ばす前から小鉢に向いていることが確認できる。次に食べようと思うものに視線が向くのは当然なことであろう。しかしここで面白いのは、同じ体験者自身であっても、身体的手掛かり、つまりここでは視界に映り込む自らの手の動きが無い場合は、視線対象（緑丸）が異なっていることである。一方、記録映像を受動的に閲覧している場合であっても、当事者の身体動作が伴うと、体験時同様に視線行動は一致すること、そしてそのことは当事者内だけでなく、他者に対しても再現されることが興味深い。

瞬時に 3 者の視線が集まる他の例も見てみよう。図 5 は学内を特に目的も無く散策しているときのデータである。ここでは、下の階から階段を上ってきている通行人が視界に入った瞬間に、3 者の視点がその通行人に集まっている。図 5 のグラフを見るとわかるが、この通行人が見えるまでは各視線の注目対象は異なっていたが、通行人が視界に入った瞬間に、視線が集まっている様子わかる。このように、人間が生き物として本能的に視線を向けるような対象に対しては、視線が集まりやすいこと、そしてそのこと

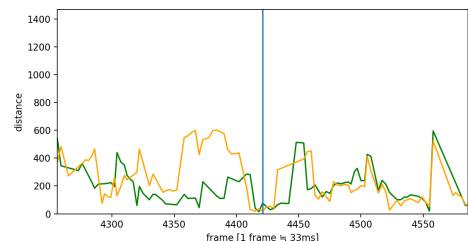
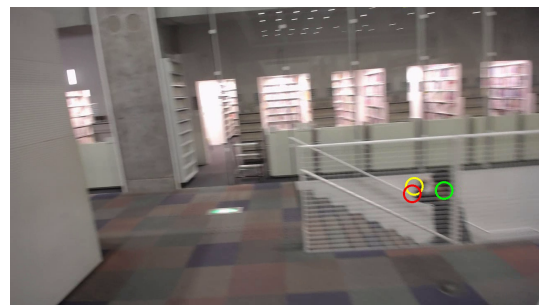


図 5 3者の視線が一致する例：視界に現れた通行人に視線が集まっている

は、体験時でも映像閲覧時でも共通していることが確認できた。

4.2 情報の多い環境での視線の分散

次に、視線が分散する状況を見てみたい。一般的に、体験映像の中の情報が多い場合は、閲覧者が本人であるか他人であるかに関係なく、注目対象が分散する傾向が大きいたことが確認できた。

図 6 の例は図書室内の本棚の前で、気になる本を探しているシーンである。また図 7 は、ある本を手に取り中身を閲覧しているシーンである。このように、視界に

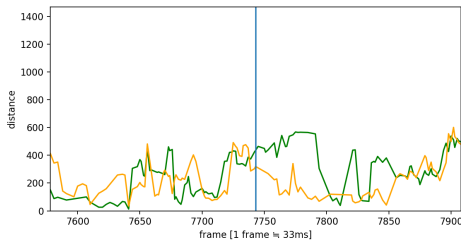


図 6 3 者の視線が分散している例：本棚の前で別々の本を見ている

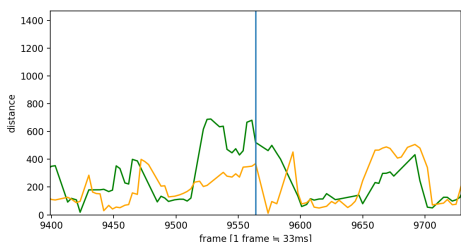
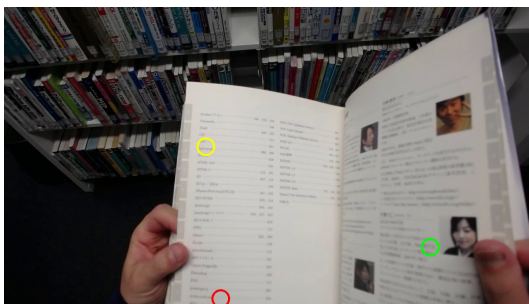


図 7 3 者の視線が分散している例：本の中身の別々の箇所注目している

多くの情報が写り込む場合は、閲覧者が体験者本人であっても他者であっても、注目対象が異なることが確認された。

分析してみる前は、同一人物の中では、映像閲覧時の視線行動は体験時のそれをかなり再現するのではないかと予想していた。なぜなら、同一人物の興味や知識やそんなに急には変わらないので、視界に映る情報の中で興味、つまり視線を向ける対象は大きくは変わらないのではないかと予想していた。しかし実際は、ここでの例が示す通り、映像閲覧時においては、他者と同様に本人の視線は体験時と大きく異なっていた。考えてみれば、ライフログ映像を見返しているときに、体験時には気づいていなかったことに気づくことが度々あることを思い返すに、このことは当然のことなのかと思われる。

4.3 専門知識の差異が起因する注目対象の分散

前節に紹介した例は、そのときそのときの興味による注目対象の分散であると考えられる。一方で、いくつかの事例を見返してみると、閲覧者の専門知識の差異が原因で、無意識の視線行動が異なると考えられる興味深い例が見つかった。

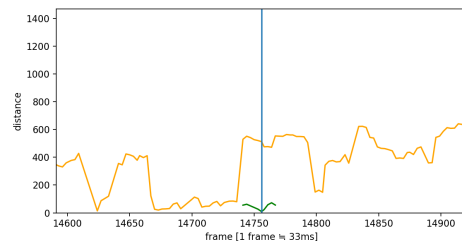


図 8 専門知識の差異に起因して視線行動が異なる例 1

図 8 はデジタル工房内での体験データの一シーンである。ここでは、レーザーカッターを使用する際に行う、台座の高さ調整を行っている。ここに映っているレーザーカッターは、レーザー発振器の高さが固定されており、台座を上下させることで、様々な厚さの資材に対応する。したがって、レーザーカッターに資材を置く際には、レーザー発振器に資材がぶつからないように、台座を予め少し下げておく必要がある。そのため、レーザーカッターを使い慣れている体験者は、記録時にも閲覧時にもレーザー発振器と資材の間に注目している（赤丸と緑丸）。一方、レーザーカッター未経験者である実験協力者が閲覧した時の視線は、映像の中に映り込んでいる体験者の指が置かれている手前のボタンを見ている（黄丸）。他者閲覧時の視線行動は、前述の身体動作に起因する反射的な視線行動の一種であると考えられる。しかし、対象世界に対する知識や経験が豊かになると、ある意味そういった本能に逆らった視線行動が現れるのであろう。

他にも知識の違いに起因すると思われる視線行動の違いが見られた。図 9 は図 8 の続きのシーンである。ここで進んでいた作業は、レーザーの焦点距離と資材の表面が合うように台座の高さを調整するという作業であった。レーザーの焦点距離合わせは、調整用の棒を用いて、レーザー発振器と資材の間の距離を適切に調整する必要がある。そのため、見るべき箇所はレーザー発振器と調整用の棒であ

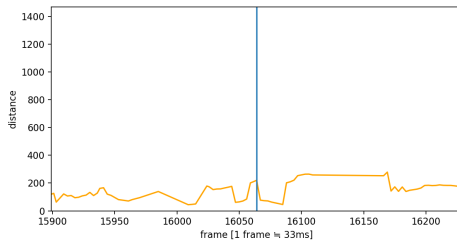
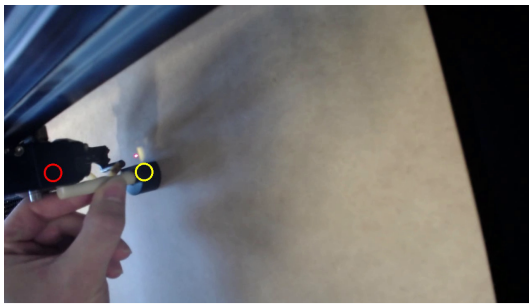


図 9 専門知識の差異に起因して視線行動が異なる例 2

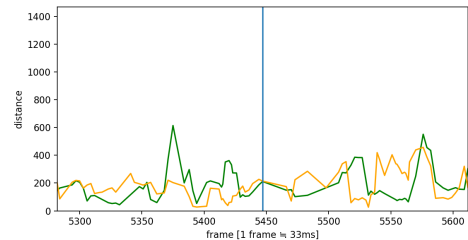


図 10 身体動作の有無により視線行動が異なる例 1

り、レーザーカッター経験者である体験者は記録時にそこを見ている（赤丸）。しかし、レーザーカッター未経験者である他者が映像閲覧した時の視線の先は、レーザーが資材に当たって光っている部分であった（黄丸）。他者閲覧時の視線行動は、周りに比べて明るい場所に目が向くという本能的な行動であったと思われる。一方、熟練者の視線行動は知識に基づく視線行動であったと言える*1。

ここで挙げた例のように、機材の扱いに必要な知識の有無によって、視線行動が大きく異なることが確認できた。この結果は、複数人の視線を比較することで、専門性や暗黙知の可視化に応用することができると考えられる。

4.4 身体行動の有無による視線行動の差異

実験から得られた結果を分析していて、当初考えていなかった気づきを得ることができた。それは、体験者の当事者であっても、映像閲覧時には他者の映像閲覧時の視線行動と同期する部分が多いということである。当初は、同じ体験当事者の中では、映像閲覧時の視線行動は体験時のそれに似てくると予想していた。先に見た通り、知識の有無に強く依存するようなシーンではその通りだったが、映像閲覧時の多くの時間帯は、自分自身の体験時の視線行動よりも他者の映像閲覧時の視線行動と似通っていた。このことは、個々人の興味や知識の差とは独立に、体験時の視線行動と受動的に映像閲覧しているときの視線行動の間には根本的に異なる要素があることを見出す手掛かりになるのではないかと考える。以下に具体的な例を挙げる。

図 10 は、図書室内で読み終わった本を本棚に戻すシーンである。体験時の視線（赤丸）は、本を戻す先の本棚の方に視線を向けている。それに対し、閲覧者兩名は体験者

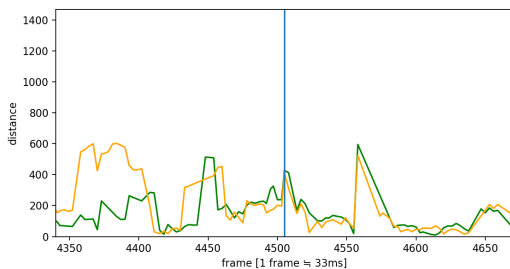
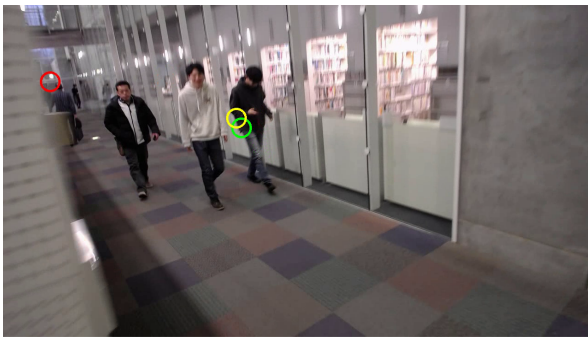
の手を見ていた（緑丸と黄丸）。考えてみるとこのことは当たり前である。体験者は、本を本棚に戻すという具体的な身体動作とその目的があるので、その目的を達成するために本を戻すべき本棚の隙間に注目する。しかし、受動的に映像を閲覧する場合はそういった動機づけからは解放されているため、ある意味本能的な反射として、視界に入った左手に注目する。そして面白いことに、そのことは体験者本人についても同様である。

もう一つ興味深い例を紹介する。図 11 は学内散策中に廊下を通り抜けているシーンである。図 11(a)を見ると、映像閲覧時には、本人・他者共に、手前の通行人に目を向けている（緑丸と黄丸）。しかし、体験時の視線（赤丸）だけが、遠方の別の通行人に目を向けていることがわかる。そして、図 11(b)で確認できるように、映像閲覧時の2者の視線（緑丸と黄丸）がやや遅れて体験時の視線（赤丸）に追いつく。

折れ線グラフを見るとわかる通り、緑と黄の折れ線はほぼ同期しており、通行人とのすれ違いシーンにおける映像閲覧時の視線行動は、個人間での再現性が高いことがわかる。一方、体験時には手前の通行人からは早々に視線を外し、早めに遠方の次の通行人に視線を移動しているのである。つまり、雑踏の中を人とぶつからずに歩くには、ある程度先を見て行動（進む方向）を変えていく必要がある。このことが、上記のような視線行動の差に現れるのだと考えられる。

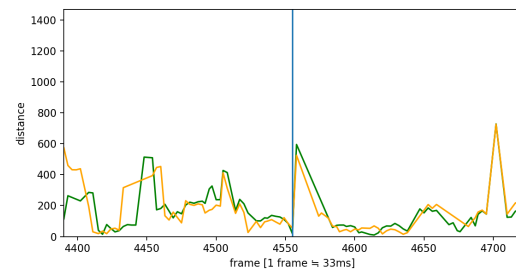
また、特に図 11 のシーンでは、曲がり角を曲がった直後のシーンであったことも、このような視線行動を引き起こした原因と考えられる。人間の行動は、まず視線を動かしてから頭部を動かし、最後に手を動かすといわれている [12]。このシーンでは、体験時の人間が進行方向を変えるために、まず進行方向を目で見て、頭部を動かし、体を

*1 残念ながら、ここでの体験者の映像閲覧時の視線（緑丸）は計測に失敗してしまった。



(a) 4505 フレーム目

体験者の視線は先の通行人に向いている



(b) 4555 フレーム目

体験者の視線に閲覧時の視線が追いついた

図 11 身体動作の有無により視線行動が異なる例 2

動かした。そのときの体験記録映像を見た閲覧者は、自身の進行方向を変えられない環境で映像を見ているため、ある意味、映像に置いていかれたような視線行動になったと考えられる。

実世界での視線行動と、体験記録映像閲覧時の視線行動の間にある、身体動作の有無という大きな差が、視線行動にも影響することが改めてわかった。また、この影響は体験者本人の閲覧時にも見られ、いったん身体行動から解放されると、他者による映像閲覧と同様の視線行動をとることが興味深い。

5. おわりに

5.1 まとめ

体験者の視線と体験記録映像閲覧者の視線の間にどのような差異が見られるのかを調べた。具体的には、頭部装着型視線計測装置を用いて、体験者の一人称視点映像と視線行動を記録し、その映像を据置型の視線計測装置を用いて、体験者本人と体験に関わっていない他者に閲覧してもらい合計3者の視線データをとって比較分析した。その結果、以下のことが確認できた。

本能に基づく視線行動の同期 体験の当事者であるかどうかに関わらず、誘目性の高い対象物（視界に映り込んだ他者や、自らの手作業対象）には視線が集まる。

興味や知識に依存した視線対象の分散 一方で、体験の当事者と他者の間で視線対象が異なるときは、個々人の興味や知識の差異が強く反映される。そういった特定の興味や知識を有することは、上記の本能的反射に逆らったような視線行動によって読み取ることができる。

身体行動に依拠する先読み視線行動 実世界での行動時には何らかの意図と目的があり、その実現のために視線行動は頭部や体の動きに先行する。したがって、体験時の視線が映像閲覧時の視線を先行する例が散見された。逆に、体験者本人であったとしても、体験時の意図やそれに伴う身体動作から解放されると、受動的映像閲覧者としての視線行動をとる。

これらのことはまだ限られたデータによって解釈しうる仮説に過ぎない。しかし、ここで紹介した一連の手続きは極めて単純で簡単なものなので、今後、多くのデータに基づいて検証・議論することが期待できよう。

5.2 今後の展望

知識の違いが視線行動の違いとして表れること、そしてそのことが、単純な視線のずれをグラフ化することで直感的かつ簡易に確認できる方法を示した。このことを応用すれば、ある領域の玄人と素人の一人称視点映像を記録し互いに閲覧し合うだけで、記録や言語化が難しい伝承技術や暗黙知の注目点を明らかにし、言語化や相互理解を促すことができると考えられる。また、Augereauら[7]の英語能力判定のシステムのように、視線行動の差から簡単に映像閲覧者の専門性や熟達度を判定するシステムを実現することも可能であると考えられる。

本研究を通して、視線行動の共起や分散には一定のパターンや理由があることが見えてきた。したがって、複数の閲覧者の視線行動の共起と分散を活用することで、Higuchiら[5]が提案した一人称視点映像振り返り支援システムのように、身体動作による没入性の高いシーン、情報の多い

環境にいるシーンなどを特定する手掛かりの一つになるのではないかと考える。

参考文献

- [1] Sumi, Y., Suwa, M. and Hanaue, K.: Effects of Viewing Multiple Viewpoint Videos on Metacognition of Collaborative Experiences, *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, New York, NY, USA, ACM, pp. 648:1–648:13 (2018).
- [2] Okuno, A. and Sumi, Y.: Social Activity Measurement by Counting Faces Captured in First-Person View Lifelogging Video, *Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019*, AH2019, New York, NY, USA, ACM, 9 pages (2019).
- [3] Lee, Y. J., Ghosh, J. and Grauman, K.: Discovering important people and objects for egocentric video summarization, *2012 IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, IEEE, pp. 1346–1353 (2012).
- [4] Fathi, A., Li, Y. and Rehg, J. M.: Learning to recognize daily actions using gaze, *European Conference on Computer Vision*, Springer, pp. 314–327 (2012).
- [5] Higuchi, K., Yonetani, R. and Sato, Y.: EgoScanning: quickly scanning first-person videos with egocentric elastic timelines, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 6536–6546 (2017).
- [6] Kasahara, S., Ando, M., Sukanuma, K. and Rekimoto, J.: Parallel eyes: exploring human capability and behaviors with paralleled first person view sharing, *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1561–1572 (2016).
- [7] Augereau, O., Fujiyoshi, H. and Kise, K.: Towards an automated estimation of English skill via TOEIC score based on reading analysis, *2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, IEEE, pp. 1285–1290 (2016).
- [8] Ishimaru, S., Bukhari, S. S., Heisel, C., Kuhn, J. and Dengel, A.: Towards an intelligent textbook: eye gaze based attention extraction on materials for learning and instruction in physics, *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*, ACM, pp. 1041–1045 (2016).
- [9] Yamada, K., Kise, K. and Augereau, O.: Estimation of confidence based on eye gaze: an application to multiple-choice questions, *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, ACM, pp. 217–220 (2017).
- [10] Cheng, S., Sun, Z., Sun, L., Yee, K. and Dey, A. K.: Gaze-based annotations for reading comprehension, *Proceedings of the 33rd annual ACM conference on human factors in computing systems*, pp. 1569–1572 (2015).
- [11] Land, M. F. and Hayhoe, M.: In what ways do eye movements contribute to everyday activities?, *Vision research*, Vol. 41, No. 25-26, pp. 3559–3565 (2001).
- [12] Biguer, B., Jeannerod, M. and Prablanc, C.: The coordination of eye, head, and arm movements during reaching at a single visual target, *Experimental brain research*, Vol. 46, No. 2, pp. 301–304 (1982).
- [13] Foulsham, T., Walker, E. and Kingstone, A.: The where, what and when of gaze allocation in the lab and the natural environment, *Vision research*, Vol. 51, No. 17, pp. 1920–1931 (2011).