

# アイトラッキングを用いた仕掛け認識度評価手法の検討

## Investigating for Evaluating Shikake Recognition Method Using Eye Tracking.

小田 悠人<sup>1</sup> 鯨坂 誠之<sup>1</sup> 上林 恵太<sup>2</sup> 竹森 晃大<sup>2</sup> 倉橋 貴彦<sup>2</sup> 中津 壮人<sup>1</sup>

Yuto ODA<sup>1</sup>, Shigeyuki AJISAKA<sup>1</sup>, Keita KAMBAYASHI<sup>2</sup>, Akihiro TAKEMORI<sup>2</sup>,  
Takahiko KURAHASHI<sup>2</sup>, Takehito NAKATSU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大阪公立大学工業高等専門学校

<sup>1</sup>Osaka Metropolitan Univ. College of Technology

<sup>2</sup>長岡技術科学大学

<sup>2</sup>Nagaoka Univ. of Technology

**Abstract:** This study explores evaluating shikake recognition method (behavioral triggers) through eye-tracking technology. By analyzing fixation patterns in classroom-like scenes featuring curling-target stickers shikake, we investigated whether shikake recognition can be quantified. Priming with a brief explanation of curling rules improved recognition rates. Results showed that fixation heatmap and gaze plot cannot distinguish between subjects who recognized the shikake's intent and those who did not. We found features that are continuity and repetitiveness. Summally about them indicate the recognition level of a shikake. We were able to establish an evaluation formula for the recognition level based on these features and presented a method for predicting the recognition level of a shikake based only on eye-tracking data.

## 1 はじめに

行動変容を引き起こすトリガーには様々な種類が存在するが、身の回りにあるモノの多くはそのモノの存在を視認することで認識することが多い。これは五感の中で、視覚が遠距離において認識しやすいことが要因の一つであると考えられる(図1)。本研究では、視覚認識が行動変容の最初の段階において重要な役割を果たす可能性に着目し、視覚的入力仕掛けの認識にどう影響しているかを探り、視覚認識の解析によって仕掛けの有効性評価する手がかりを検討する。

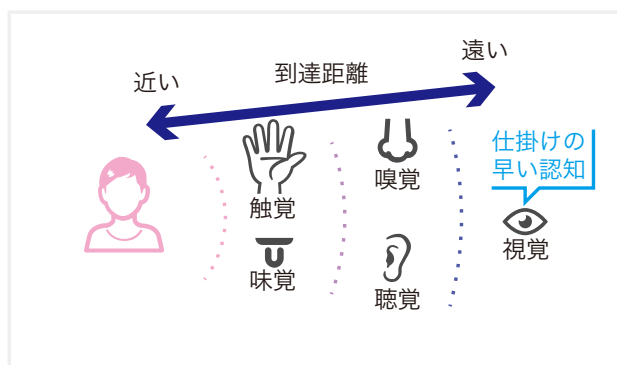


図1 5感の到達距離の違いのイメージ

既存の視覚探索の文脈において、視覚によって人々が周囲をどのように認識するかについて数多くの研究が行われている。特に、高度な情報処理が評価されるAIの分野では、画像センサーからのデータ処理方法についても多くの研究がなされており、その中で物体の顕著性(Saliency)を評価する手法は、本研究の目的に関連が深い。

しかし、仕掛けが有効であるためには目に留まる視認(See)だけではなく、対象の詳細を細かく把握する観察(Watch)を経て、仕掛けの意図の認識(Recognition)に到達することが必要である。例えば、机を揃えたい仕掛け<sup>1)</sup>として「スポーツカーリングのターゲット型シール(以下、カーリングシール仕掛けと呼ぶ)」が挙げられる。このシールは、教室の風景の中で比較的視認しやすい。しかし、その模様を詳細に観察し、さらにそれがカーリングのターゲットと同じであり、机の足元に配置されていることを理解する必要がある。この理解から、机をストーンに見立てて整列させるという類推が働く。このプロセスにおいては、仕掛けの意図に気づくための認識の深化が求められると考えられる。

しかしながら、行動変容の観点から、物体(仕掛け)の認識度を視覚と関連付けて評価する研究はほとんど存在しない。そこで、本研究では視覚トリガーが仕掛けの意図の認識度に及ぼす影響について、

アイトラッキングを用いて定量化することを目的とする。

具体的には、以下の2点について検証する(図2)。

1. 仕掛けの意図の認識のアイトラッキングデータによる観測の可否
  2. 視覚誘導属性が仕掛け認識に与える影響の程度
- 本稿では、前者に関する分析結果をまとめ、後者については今後の報告にて続けることとする。

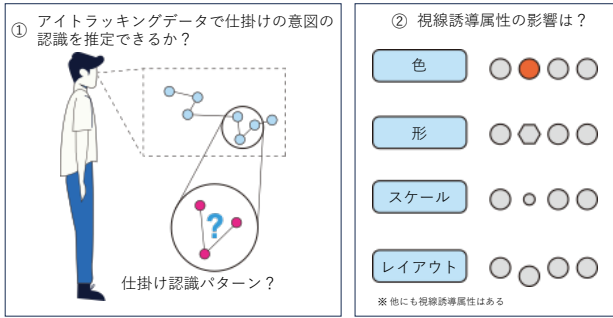


図2 研究の全体像

## 2 アイトラッキング実験方法

本研究のアイトラッキング実験においては、カーリングシール仕掛けを評価対象とする。この取り組みは、具体的な仕掛けのトリガー形式を絞り込むことを目的としている。カーリングシール仕掛けでは、視認後に対象の特徴を把握し、見立てによる類推(analogy)によって仕掛けの意図を認識する必要がある。

認識のプロセスを3段階に分ける。第1段階は単なる視認(See)、第2段階は色や形などの対象の特徴を把握する観察(Watch)、第3段階は類推(Analogy)であり、最終的には仕掛けの意図の認識(Recognition)に至る。アイトラッキングデータからは視線時間履歴が取得可能であり、第1段階の視認評価に使用される。一方、第2段階および第3段階の理解にはヒアリングを用いて評価を行うことで、アイトラッキングデータに意味付けが可能となる(図3)。

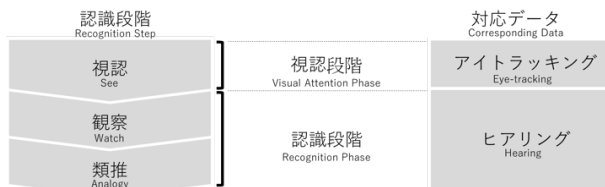


図3 各仕掛け認識段階と評価方法

実験では、被験者に対しモニタ上に表示されたコンピュータグラフィックス(CG)による教室風景を何

枚か提示し、その際のアイトラッキングデータを取得することによって計測を行った。実験の全体構成は図4に示す。CG風景を選定した理由は、実際の風景においては不要なノイズや天候による視覚的变化が介在し、評価が困難となるためである。被験者の認識に支障をきたさないよう、27インチの十分な大きさを持ち、解像度は1920×1080ピクセルの画像を用意した。アイトラッキングカメラとしてTobii社のTobii Pro Nanoを使用し、実験時の計測および取得した視線データの分析にはTobii Pro Labソフトウェアを利用した。アイトラッキング実験は2回実施され、1回目は被験者が新鮮な状態でのデータを収集し、2回目は慣れた状態でのデータを取得した。取得したアイトラッキングデータでは、視線が対象に向いているかどうかのみが判別されるため、3回のアンケートとCueボタンによって追加情報を得ることとした。

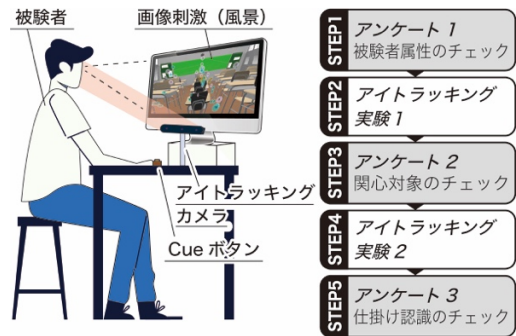


図4 実験の全体像

本研究で提示する風景は、カーリングシール仕掛けが施されており、被験者は学生であるため、見慣れた教室の風景を選定した(図5)。見知った環境での視覚的体験は、被験者の日常生活における視線の使用法に近似することが予想されるため、探索対象を部屋全体ではなく、置かれた物体の視覚的特性や違和感に集中させることを目的としている。すべての風景にはカーリングシール仕掛けが配置されており、認識が常に可能な状態を保持している。



図5 実験で使用する教室風景の一例

風景の作成に関しては、J.M. Wolfe らによる分類<sup>[2]</sup>を基に、視線誘導において影響力の大きい4つの属性に従い、ニュートラル状態、色の阻害を増強した状態、形状の類似性を減少させた状態、スケールを大きく変えた目立つ要素を増加させた状態、レイアウトの崩れた状態を組み合わせている(図6)。なお、今回の研究では、この視線誘導属性による影響の分析は実施しておらず、データの取得に留まっていることを明記する。

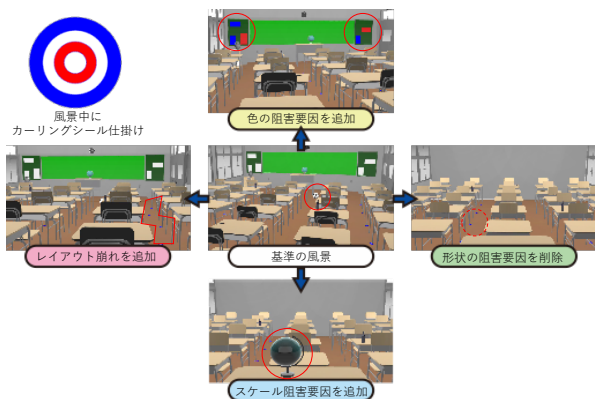


図6 視線誘導属性に基づく風景の設定

さらに、認識の程度を評価するために5つの仕組みを導入している。

- ① ビッグファイブ性格分類に基づく簡易性格分類である TIPI-J の実施
- ② 自由回答形式による認識対象の確認
- ③ Cue ボタンを用いた認識タイミングの記録
- ④ オブジェクトカードを用いた対象認識精度検証
- ⑤ オブジェクトカードおよび Cue ボタンによる認識内容のチェック

仕組み①は、被験者の性格に応じて視線の使用傾向に差異が生じる可能性を考慮し、分析におけるクラスタリングに活用可能なデータを取得することを目的とした。具体的には、せっかちな被験者とおっとりした被験者とで、視線移動の速度に差があると予測したためである。なお、視線データおよびパーソナリティデータを取得する実験の性質上、倫理委員会による審査を受け、実施承認を得ている。

仕組み②では、被験者の経験に基づく観察結果が異なる可能性に配慮し、1回目のアイトラッキング実験語に認識物の内容を確認する。例えば、黒い瓶のオブジェクトが、被験者によって水筒またはペットボトルと認識の差異を生じる可能性がある。

仕組み③は、アイトラッキングで推測される認識タイミングと、被験者の主観的な認識タイミングに

ズレが存在する可能性を考慮し、被験者に対して「風景中に気になったものがあった場合 Cue ボタンを押してください」と指示を与え、その記録を行った。また、「気になった」という感覚は、被験者の認識度に関連する可能性があることも考慮した。

仕組み④は、対象形態の認識精度をフィルタリングする目的で実施し、図7に示すように、実験画像に実際に含まれている物体とダミーが混在したものをを用いて2回のアイトラッキング実験終了後に「見えたものを選択させる」ことで記録を行った。

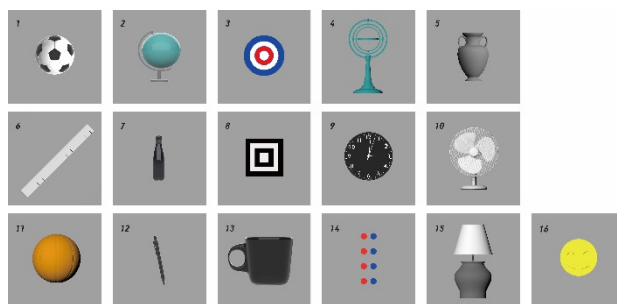


図7 オブジェクトカード

仕組み⑤では、オブジェクトカードが指している品物についての説明を求めるとともに、1回目のアイトラッキング実験で気になった物体が指している品物についても説明を求めた。この手法により、仕掛けの意図や対象の認識状況を把握することができた。

さらに、5つの認識度合いのチェックに加えて、ブライミングの有無に関する影響も考慮している。具体的には、被験者を二つのグループに分け、一方のグループにはカーリングのルールに関する約1分間の動画を視聴させることによって、ブライミングの有無に差を設けた。ルール説明動画には、今回の仕掛けと模様が一致するターゲットの図が含まれている。

以上の実施内容を踏まえて、3つのグループを同時に測定できるように実験の準備を行った。同時実施としたのは、実験時間を短縮するためである。

### 3 実験結果

本研究では、高等専門学校生(本科1年生から専攻科2年生まで)を対象とした実験を行い、総計55名の被験者からデータを収集した。実験の具体的な様子は図8に示されている。また、被験者を認識段階およびブライミングの有無によって整理した結果を表1に示す。



図 8 実際の実験風景

表 1 被験者の分類

分類	プライミング 有り [人(%)]	プライミング 無し [人(%)]
仕掛けに気づかない	8 (14.5%)	12 (21.8%)
視認のみ	8 (14.5%)	4 (7.3%)
仕掛け意図を認識	14 (25.5%)	9 (16.4%)
被験者総数	55	

収集したデータに基づき、プライミングの有無に寄る被験者の認識状況は以下の通りである。プライミングが存在する条件下では、仕掛けの意図に気づかなかった被験者は全体の 14.5%、仕掛けの意図を認識していた被験者は全体の 25.5%であった。一方、プライミングが存在しない条件下では、仕掛けの意図に気づかなかった被験者は全体の 21.8%、仕掛けの意図を認識していた被験者は全体の 16.4%であった。

さらに、プライミングが存在する場合において仕掛けの意図を認識した被験者の割合は、プライミングが存在しない場合に比べて 1.20 倍であり、プライミングの効果が示唆される結果となった。この結果から、仕掛けの意図認識の有無を比較するためのデータが十分に取得できたことが明らかとなった。

具体的には、仕掛けの意図を認識しているグループは「プライミング有り、仕掛けの意図を認識」の群から抽出し、仕掛けの意図を認識しなかったグループは「プライミング無し、仕掛けに気づいてない」の群から抽出した。この 2 つのグループ設定は、最も明確な差異が見られる条件であり、かつ十分な被験者が確保されていることから選定されるに至った。

## 4 考察

### 考察 1: 注視ヒートマップで仕掛けの認識の有無は判別できるか?

本考察では、注視ヒートマップを活用して被験者が仕掛けを認識しているか否かを検討する。一般的に、仕掛けを認識している被験者はその周辺をより長時間注視する傾向があると考えられる。注視とは、視線が特定の対象に一定時間滞留することを指し、この場合は対象を視認したとみなされる。映像内における対象認識の文脈では、対象の認識に要する注視時間は 0.2 秒から 0.5 秒であるとされており<sup>[3]</sup>、アイトラッキングの文脈ではこの認識下限である 0.2 秒を抽出閾値として使用することが一般的である。今回の研究でも、この基準に従い 0.2 秒以上の視線滞留を注視として採用した。なお、歩行しながら対象を認識する場合には、より多くの注視時間が必要だとされている<sup>[4]</sup>が、今回の実験は静止したモニターで実施されたため、0.2 秒の注視を閾値とすることが適切であると判断された。この閾値を超える視点滞留を注視として抽出し、その時間と頻度に基づいて視野内にマッピングしたものが注視ヒートマップである。注視ヒートマップにおいて、赤は注視が多く行われた地点を示し、黄色、緑と色が変わるにつれて注視の度合いは低下する。

実験結果の注視ヒートマップを観察したところ、仕掛けの意図を認識した被験者は、認識していない被験者に比べて注視している領域が狭い傾向が見られたが、その面積は見る風景によって異なり、注視範囲のみを基にして仕掛けの認識を判別することは困難であるという結果が得られた (図 9)。仕掛けの周辺に対する注視の分布を見ると、仕掛けの意図を認識した被験者と認識していない被験者の双方が、仕掛け周辺を注視していることが確認され、視線の量だけでは仕掛けの認識を判断することができないことが明らかとなった。

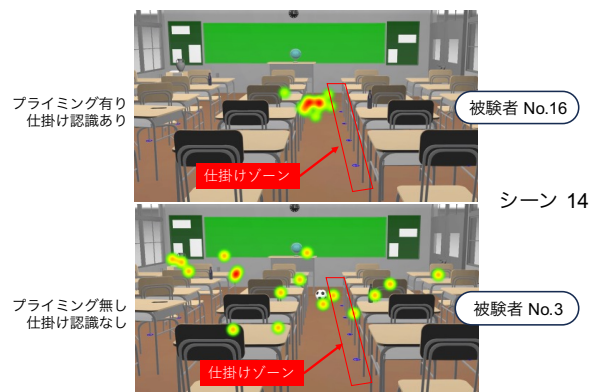


図 9 注視ヒートマップの比較例

### 考察 2: Gaze Plot で仕掛けの認識の有無は判別できるか?

仕掛けの認識に至るためには、対象を注意深く観察することが必要であると考えられる。注意深い観察を行う場合、注視が一定時間、仕掛けの周辺に集中する可能性がある。そこで、Gaze Plot を用いて観察を行う。Gaze Plot とは、注視した順序を視野内にマッピングする手法である。

実験結果の Gaze Plot を観察したところ、仕掛けの意図を認識している被験者は仕掛けを連続的に注視する傾向が確認された。一方で、仕掛けの意図を認識していない被験者は一時的に仕掛けを視認していても、すぐに他の対象へ視線が移動する傾向が示された (図 10)。

本研究においては、注視点が対象近傍で連続している場合を「視線滞留パターン(Staying Pattern)」と呼び、注視点が対象から他の対象へすぐに移動する場合を「視線跳躍パターン(Jump Pattern)」と定義することとした (図 11)。

連続して注視している回数が 3 回以上であることを目安にすると、仕掛けの意図を認識している被験者が仕掛けを観察し始めたタイミングを明確に把握

できることが確認された。したがって、視線滞留パターンは「連続した注視が 3 回以上生じた場合」と設定し、視線跳躍パターンは「連続した注視が 2 回以下で、別の対象に注視が移動した場合」と定義することが適切であると判断された。しかしながら、仕掛けの意図を認識していない被験者の中にも 3 回以上の連続した注視が見られる場合が存在し、Gaze Plot の分析のみでは認識の有無を十分に判別できないことが明らかとなった。

### 考察 3: 視線滞留頻度で仕掛けの認識の有無は判別できるか?

仕掛けの意図を認識していない被験者は、一時的に対象に視線を向ける可能性があるが、その対象が果たす役割を理解する前に、迅速に他の対象に意識を移す傾向があると考えられる。一方で、仕掛けの意図を認識している被験者は、対象を注意深く観察し、その役割をじっくりと把握し、その後も周囲の要素との関連性を繰り返し確認することが想定される。このことから、視線の動きとして、視線滞留が仕掛けの周辺に繰り返し現れることが予想される。したがって、視線滞留頻度(Staying Pattern Frequency)を評価することで、仕掛けの意図の認識有無を判断することが可能であると考えられる。

仕掛けの意図の認識有無を判断する際の参考となる認識度評価のために、2 つの特徴量を設定する。1 つ目の特徴量は「連続度 (Continuity)」であり、2 つ目の特徴量は「繰返し度(Repetiveness)」である。

連続度の評価式  $f_1$  は視線滞留パターンにおける注視の連続数の総和として定義され、次のように表される。

$$f_1 = \sum_{i=1}^m n_c \quad (m = 1, 2, \dots)(n_c > 2) \quad (1)$$

$m$  は連続した注視グループの数[個]、 $n_c$  は連続した注視の数[回]である。なお視線滞留とみなす回数の閾値は考察 2 に基づき 2 回より多い場合とする。

ふたつ目の特徴量の繰返し度  $f_2$  は異なるシーンでの視線滞留の発生回数を表す。式は次のようになる。

$$f_2 = a n_r \quad (2)$$

$n_r$  が視線滞留パターンを持つシーン数[個]である。そこに評価強度を調整する係数  $a$  を付けている。なお今回の考察では  $a$  は 1 としている

そして、仕掛けの意図の認識度  $f$  は連続度と繰返し度の合計として表し(図 12)、次のような式となる。

$$f = f_1 + f_2 \quad (3)$$

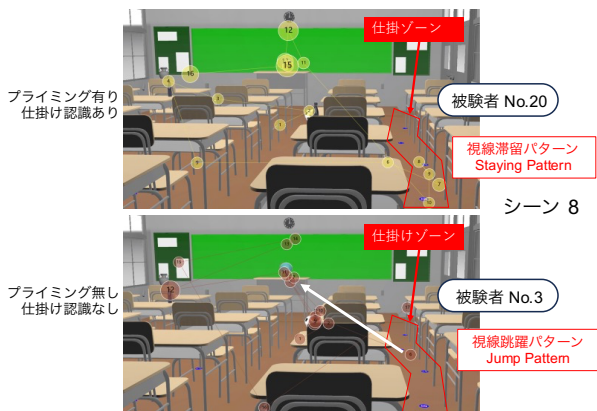


図 10 Gaze Plot の比較例

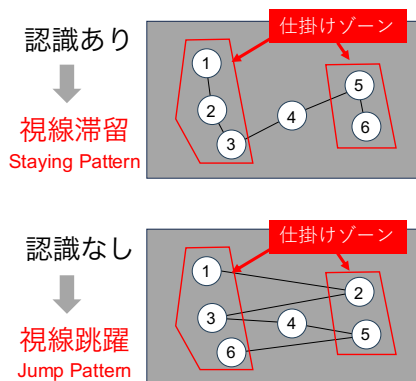


図 11 視線滞留と視線跳躍の Gaze Plot 例

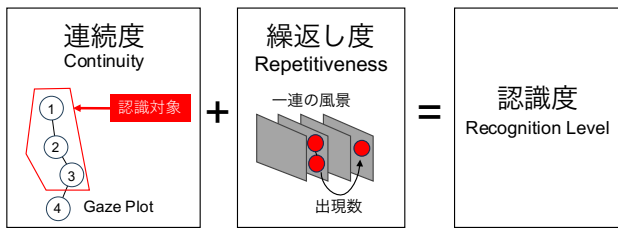


図 12 認識度の評価イメージ

この認識度は、あくまで仕掛けの意図の認識がなされている可能性の高さを示すものであり、認識を確定するための数値閾値については本研究では未設定である。しかしながら、認識度を設定することで、仕掛けの意図を認識しているグループは高い認識度を持つクラスタとして識別され、仕掛けの意図を認識していないグループは低い認識度のクラスタとして識別することが可能となる。

認識度のシーン経過プロットを示すと図 13 のようになり、仕掛けの意図を認識している被験者は頻繁に視線滞留パターンを示し、最終的な認識度の数値が高まることが観察される。一方、仕掛けの意図を認識していない被験者は、視線滞留パターンが一時的に現れるものの、再度仕掛け対象を観察する頻度は低い。したがって、仕掛け認識した被験者においては認識度の増加が顕著であり、認識度の傾きが大きいと言える。逆に、仕掛けを認識していない被験者では、認識度がゼロではないものの、その増加の程度は小さく、認識度の傾きが緩やかであると考えられる。

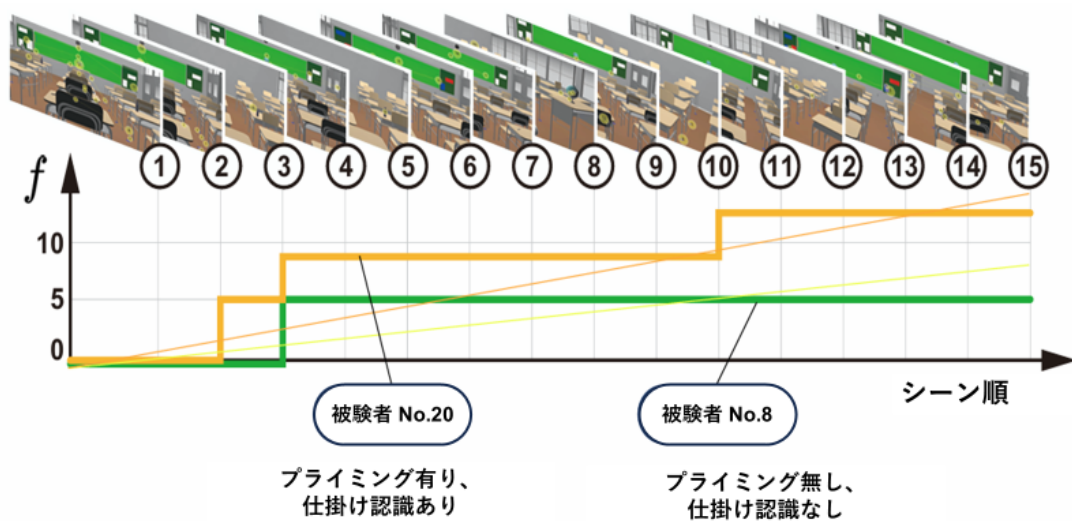


図 13 風景番号と評価値の加算履歴

## 5 今後の展望

本研究では、視覚的トリガーとそれに付随する類推的認知の程度を示す視線分析における特徴量を設定することができた。しかしながら、パターン異なる他のトリガーについても同様の傾向が見られるかどうかを確認する必要がある。また、より高い精度を得るためには、今回の分析において考慮されなかった性格特性や日常生活における習慣の影響を補正する必要があると考えられる。さらに、今回提案した認識評価方法を用いて、視覚誘導属性の効果を定量的に評価できるかどうかを検討することが重要である。

## 6 結論

本研究では、仕掛けを含む風景を観察した際に取得したアイトラッキングデータの分析を実施した。その結果、仕掛けの認識レベルを表す特徴量として「連続度」と「繰返し度」を特定することができた。これらの特徴量を基にして、認識度を表す評価式を設定し、視線追跡データのみから仕掛けの認識度を予測する手法を提案することができた。今後は、別の仕掛けトリガーを含む対象や個人特性を考慮に入れたさらなる検証を行うことで、より高い汎用性を有する仕掛けの認識度評価手法、さらには仕掛け効果の予測手法への発展が期待される。

## 謝辞

本研究は令和 6 年度「高専 - 長岡技科大 共同研究」助成の支援を受けて実施しました。早川潔教授には実験時の計測ツールの作成で協力いただきありがとうございました。また、実験の遂行にあたり池田隼さん、石田雅之さん、佐々木遼太さん、山田真凜さん、石原彰人さんのご協力のおかげでスムーズな実験ができましたことを感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 花満美希, 福嶋虹海, 木村美月: 無意識に机を整えなくなる仕掛け, 第 12 回仕掛学研究会 (2022)
- [2] Jeremy M Wolfe, Todd S Horowitz: Five factors that guide attention in visual search, *Nature Human Behavior*, (2017)
- [3] 渡部 勲: テレビ画像の注視点, 18 巻, 10 号, p. 610-614, *テレビジョン*(1964)
- [4] 知花 弘吉: 緑道における歩行者の注視特性について, 54 巻, 5 号, p. 335-340, *造園雑誌*(1990-1991)