

# 凝視マップを学習用データとした 難易度調整可能な間違い探し生成システム

渋谷 敬大<sup>†</sup> 石川 知一<sup>†</sup>  
東洋大学<sup>†</sup>

## 1 はじめに

間違い探しは老若男女問わず楽しむことのできるゲームだが、一度解いてしまうと問題としての価値がなくなってしまうことは大きな問題点である。本研究ではアイトラッキングを用いて作成したヒートマップ画像（以下「凝視マップ」と称する）を使用することで、難易度調整可能かつランダムに間違い探し生成を行うシステムを提案する。これにより、間違い探しを何度も楽しむことが可能となる。

陶山らは難易度調整可能な間違い探し生成手法を提案した [1]。本研究は、既存研究より難易度の精度向上を図るシステム構築をすることを目的とする。既存システムでは、難易度の指標として顕著性マップを使用していた。その結果、繰り返し遊べる間違い探しを生成することに成功しているが、難易度の正確性や生成できる間違いが 3 種類と少ないことが課題として残された。そこで本研究では難易度の指標として顕著性マップではなく凝視マップを使用し、生成可能な間違いの種類を 3 種類以上とする。

## 2 提案手法

### 2.1 凝視マップの精度評価

本研究では、情報系の大学生・大学院生 20 人を対象に実際にサイゼリヤの間違い探し [2] を解いてもらい、20 人分の計測データをもとに平均の凝視マップ画像を生成した。サイゼリヤの間違い探しには 10 箇所間違いがあるが、1 問の計測時間を短縮するため 5 箇所に減らした画像を用意した。1 問の計測時間を 3 分とし、1 問解くごとに 1 分のインターバルを設け合計 12 問を解いてもらった。アイトラッキングデバイスはモニター下部に取り付けるタイプ

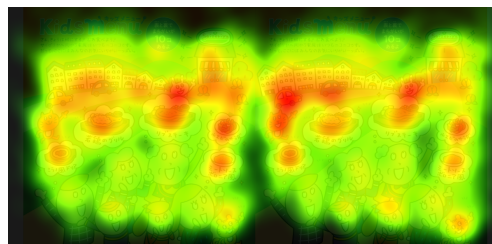


図 1: 間違い探し画像に凝視マップを重ねた図

表 1: 凝視度と顕著性の比較調査

数/凝視度	高	中	普通	低
凝視マップ	35	10	10	5
顕著性マップ	12	12	21	15

の Tobii<sup>®</sup> Pro nano を使用し、モニターと被験者の距離はデバイスのマニュアルに従い 45cm から 85cm の間に調節して計測した。実験結果と顕著性マップを比較することで凝視マップの精度を試す。

凝視マップと間違いの関連性を調査するために、図 1 のように間違い探し画像に凝視マップを重ねた画像を用意する。実際に間違いのある箇所の凝視度と顕著性を調査した結果を表 1 に示す。調査結果の数値に対して対応のある片側  $t$  検定を行った結果、有意な差が得られた ( $t(118) = 4.716, p < 0.001$ )。すなわち凝視マップの方が、顕著性マップよりも間違い箇所を強く示していることが有意に確認できた。以上の結果から、顕著性マップよりも凝視マップの方が精度が高いものとして採用する。

### 2.2 システム構成

本システムで生成できる間違いの種類を、「削除」、「追加」、「色変化」、「移動」、「回転」、「縮小」の 6 種類とし、難易度を「easy」、「normal」、「hard」の 3 種類とする。開発言語には Python を使用し、画像処理には OpenCV を使用する。

ランダムで間違いを生成する特性から、間違いを

A generation system of spot the difference  
with adjustable difficulty level using gazing maps

<sup>†</sup> Keita Shibuya, Toyo University  
Tomokazu Ishikawa, Toyo University



図 2: 間違い生成例

表 2: 間違い探し評価結果

	低	普通	中	高	未発見
easy	3.75	3.75	4.25	9.25	0.00
normal	4.00	5.00	3.25	10.25	6.00
hard	3.00	3.00	2.50	10.00	6.50

生成する箇所が被らないようにする必要がある。最も避けるべきは間違いを生成した箇所を削除してしまうことなので、あらかじめ物体を削除してある画像を最初に背景画像としてランダムにロードすることで回避し、背景をロードした時点で「削除」の間違いが仕込まれていることになる。

「色変化」の間違いはマスク画像を用いることで対象の HSV 色空間を取得し、その中の H (色相) を回転させることで実現する。難易度ごとに回転する範囲を指定し、ランダムに回転量を決定する。また、色相の回転量を調節することで難易度調節を図る。「移動」、「回転」、「縮小」の間違いはアフィン変換を使用して実現する。「追加」の間違いはあらかじめ座標を複数用意しておき、ランダムに座標を取り出すことで実現する。生成した間違いの例を図 2 に示す。

### 3 実験結果

サイゼリヤの間違い探しを解いた経験のある 26 人の被験者に、実際に本システムで生成した間違い探しを解いてもらうことで、生成した問題のクオリティや難易度の評価を行った。生成した各間違いの平均評価結果を表 2 に示す。

評価実験の結果、生成した間違いは全ての難易度において高評価を得られた。低い評価を付けた被験者からは、「色変化の変化量が大きく分かり易すぎた」。「削除するものが大きすぎる」などの意見を得られた。easy は全員が全ての間違いを見つけられたが、normal と hard については間違いを発見できない被験者がいたため、難易度調整ができていると考えられる。

### 4 おわりに

本研究では、凝視マップを難易度の指標として使用することで難易度調整が可能な間違い探しを生成するシステムを提案した。その結果、既存研究よりも間違いの種類を増やした間違い探しを生成できた。難易度の正確性については再調整が必要な箇所もあるが、アンケート結果をもとにプログラムの数値を変更するだけで調整可能である。難易度を都度調整できることや、間違いをランダム生成できることで 1 つの間違い探し画像を繰り返し遊ぶことができるようになった。また、本研究により間違い探しを生成する際は、顕著性マップよりも凝視マップを指標として使用するべきであると言える。

凝視マップを学習用データとして機械学習にかけ、入力画像の凝視マップを生成可能にすることでユーザが画像を入力して遊べるように改良することを今後の課題としたい。

### 謝辞

本研究は、東洋大学重点研究推進プログラム、「日常生活を豊かにするためのデジタルトランスフォーメーション (DX) の研究」の支援を受けたものである。

### 参考文献

- [1] 晴南陶山, 泰志青山, 慶吾土屋, 亜蘭高木, 礼濱川: SAGUS: 顕著性マップを用いた間違い探し自動生成の提案と実装, 研究報告音楽情報科学, 第 2021-MUS-130 巻, pp. 1-8 (2021).
- [2] サイゼリヤ キッズメニュー間違い探し <https://www.saizeriya.co.jp/entertainment/> (2023 年 1 月 12 日 閲覧).