

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：32619

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750004

研究課題名(和文) 閲覧者の視線計測に基づく情報提示の分析・設計と評価

研究課題名(英文) Analysis, design and evaluation of information provision based on eye gaze measurement

研究代表者

佐々木 毅 (Sasaki, Takeshi)

芝浦工業大学・デザイン工学部・准教授

研究者番号：20581747

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、掲示物のデザインを客観的に評価することを目指し、(a)閲覧者の興味を推定するための視線推定システムの構築と、(b)観測情報の分析とデザインへの利用に関して研究を行った。(a)に関しては、閲覧者がどこを注視しているかを観測するための、カメラ用いた視線推定法を提案した。(b)に関しては、情報を意図した順序で伝えられるかという観点から、注視順序に着目して分析を行い、注視順序を予測する確率モデルを構築した。また、デジタルサイネージによる視線誘導の効果について検証を行った。

研究成果の概要(英文)：This project aims to realize an objective evaluation of the poster design and addresses (a) development of an eye gaze estimation system to obtain interest of the viewers, and (b) analysis of the observed information and its utilization for the design. Regarding (a), eye gaze estimation methods using a camera are proposed in order to observe which part of the poster is seen. Regarding (b), a probabilistic model to predict the gaze pattern is developed. We also investigate the effect of visual guidance methods using a digital signage.

研究分野：ロボティクス

キーワード：視線推定 画像処理 顕著性マップ 視線誘導

### 1. 研究開始当初の背景

近年、私たちが情報を得る手段は技術の発展に伴い多様化している。その手段は、対人会話以外に、新聞やインターネット上のニュースサイトの閲覧など多岐にわたっている。広告もその中の1つであり、誰もが観覧できる環境に設置され、不特定多数の人々に向けて、情報を発信している。それにより、私たちは自ら情報を探さずとも、新商品やイベント、雑誌のトピックなどを知ることができる。

このような情報を伝達するうえで、デザインは大きな役割を担っている。コピーや写真の大きさやレイアウト、色彩などはもちろんのこと、近年では、組み込みデバイスの小型化や低価格化、ネットワーク化により、デジタルサイネージに代表されるようにその表現も多様性を増しており、デザイナーは多くの検討を行いながら広告の製作を行っている。しかしながら、その有効性の検証は、通常、ブランド調査を始めとするアンケートやインタビューなどの間接的な手段に頼っている。このような調査は多大な費用と時間、労力を費やすものになってしまう。また、デザインの感性面での評価では、得られた結果に対して主観的になりがちである。

一方で、広告に関して言えば、デジタルサイネージの分野では、広告効果指標を定める取り組みが行われ、広告閲覧者の姿勢や属性(性別や年齢)を取得し、その情報から広告効果を測定しようという試みが見受けられる。しかしながら、広告効果指標の議論やその指標となる情報を観測する技術はまだ途上段階にある。さらに、指標の高い広告であっても、それは広告主のイメージや広告の対象物に依存するものもあり、必ずしもその広告のデザインの客観的評価とはいえないものとなっている。そのため、効果が高い情報提示を実現する上では、掲示物それ自身の情報伝達効果の測定や、それに基づく効果的な情報提示についての研究が必要であると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、デザイナーのセンスや経験、勘に頼ってきた創作の一部を体系的に行うことを目指し、ポスターを対象として取り上げ、閲覧者の観測情報のデザインへの活用について研究を行う。本研究では、設計者や閲覧者の嗜好による主観的評価の影響を避けるため、宣伝対象に依存する「広告」のみを扱うのではなく、広報あるいは公告等を含めた情報の伝達を目的としたポスターを対象とする。これにより、閲覧者の嗜好に依存せず、指定された情報を早く見つけ出せるかや、重要な情報がどれだけ印象に残っているかといった、定量的な項目に基づいてポスターを評価することが可能となると考えられる。

一方、ポスターのような静的な情報提示だ

けでなく、近年ではデジタルコンテンツが、動画の利用など表現の幅が広がるため、有効な情報伝達の手段であると考えられている。そこで、動的な情報の提示についてもその活用と効果についての一面を取り上げ、検証を試みる。

また、本研究課題では、観測情報として閲覧者の興味が反映されていると考えられる視線情報に着目する。このとき、効果的なポスターの特徴を得るには、閲覧者の注視時間を計測するだけではなく、ポスターのどの部分を注視しているか、視線がどのような軌跡をたどったかといった、より高次の情報が必要となると考えられる。そのため、閲覧者の視線推定を中心とした観測システムを実現する。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、ポスター閲覧者の視線情報に基づく有効な情報提示についての知見を得るため、観測システムの実現として、(1)カメラを用いたポスター閲覧者の視線計測と、観測情報の分析とデザインへの利用として、(2)注視順序予測のための確率モデルの構築と(3)動的な情報提示による視線誘導手法の効果の検証について研究を実施する。

#### (1)カメラを用いたポスター閲覧者の視線計測

視線計測システムを実現するにあたっては、街中での利用を想定した場合、測定対象者に機器等を装着せずに観測を行う必要がある。また、不特定多数の人間を測定するため、個人に対するキャリブレーションが不要であることが望ましい。

そこで、観測のためのセンサとしてカメラを用いた視線推定法を複数の異なるアプローチから検討し、要求を満たす視線推定アルゴリズムを実現する。

具体的には、1つ目のアプローチは、画像から計測対象者の目や顔の特徴点を抽出するとともに人体の構造の情報を参照し、視線の角度を算出するものである。本アプリケーションにおける視線推定の特徴として、(a)カメラと観測対象者の距離は0.5-2.0m程度の範囲、(b)対象者をほぼ正面から観測するが、やや横を向くなど顔が部分的に隠れる可能性がある、といったことが挙げられる。(a)から、本システムにおいては虹彩の形状をカメラから取得することが可能であり、この情報を用いた視線推定アプローチによる精度の高い計測が実現可能であると考えられる。しかし、本アプローチは(b)で述べたオクルージョンによる虹彩形状の検出の失敗に起因するロバスト性が課題となる。そこで、目の両端と中心の情報と顔や眼球の3次元モデルから視線を計測するアプローチを組み合わせることで、要求を満たす視線推定アルゴリズムの実現を目指す。

2つ目のアプローチは、角膜に反射した画

像を観測し、対象が注視されているかどうかを求める手法である。我々が何かを見たとき、その像は虹彩に投影される。したがって、虹彩上に映っているポスターの像を直接観測することにより、ポスターが注視しているかどうかを判断することが可能であると考えられる。しかしながら、虹彩上の像は解像度が低いため抽出が難しいという問題がある。そこで、超解像処理と機械学習を用いることで虹彩上のポスターの像を抽出する手法を提案する。

#### (2) 注視順序予測のための確率モデルの構築

視線情報から効果的な情報提示を行うためのポスターについて、伝えるべき情報を意図した順序で伝えられるかという観点から、注視順序に着目して分析を行う。情報を伝えるポスターの作成方法として、一般的に、人の目線の流れを作ることが挙げられる。しかしながら、視線の流れを評価するには、協力者を集めて実験を行う必要があり、多くの手間が生じる。したがって、ポスター作成時に閲覧者の視線の流れが評価できれば、より良いポスター作成の支援になると考えられる。そこで、蓄積した視線情報を基にポスターの注視順序を予測するモデル構築を構築し、そのモデルの検証を行う。

#### (3) 動的な情報提示による視線誘導手法の効果の検証

ディスプレイ等に表示させたデジタルコンテンツにおいては、提示画像を動的に変化させることが可能であり、紙媒体にはない情報の提示を行うことができる。このような動的な提示情報の変化を利用するものとして、閲覧者の視線誘導を行う手法が提案されている。そこで、動的な画像提示による視線誘導の効果について検証を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) カメラを用いたポスター閲覧者の視線計測

##### ①虹彩の見え方と眼球の3次元モデルを用いた視線計測手法

本手法の主となる視線推定法は、カメラ画像から虹彩を抽出し、その輪郭に対して楕円を当てはめ、その楕円パラメータから視線方向を推定するものである。画像上で虹彩形状は様々な外乱を受けており、画像に対しそのまま楕円近似を適用しても正確に虹彩を検出することは難しい。特に、瞼による瞳輪郭の歪みや光の反射による窪みの影響を考慮して楕円近似を行う必要がある。提案手法では、まず閲覧者の目領域を Haar 分類器により検出し、2 値化や Opening による瞼領域等の除去、歪み除去を行ったうえで、図 1 に示すように超精度最小二乗当てはめによる楕円推定を行う。そして、推定された楕円の長軸、短軸、回転角より、虹彩の法線ベクトルを推定し、それを視線方向とみなす。しかし

ながら、この手法では片目のみの虹彩の情報が検出できれば視線推定が可能であるが、ノイズ等の影響により輪郭情報が十分得られないと曲線当てはめの精度が悪化し、視線推定が失敗してしまう。

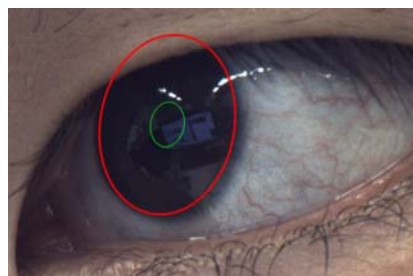


図 1 虹彩楕円検出

そこで、楕円推定において適切な当てはめが行えなかった場合には、精度は劣るものの、比較的ロバストに視線推定を行うことが可能な、3次元眼球モデルを用いた視線推定プロセスへの切り替えを行う。この手法では、虹彩中心と目の両端の画像上での位置と、一般的な人間の眼球モデルを比較して眼球中心を推定する。そして、虹彩の中心位置と、人体モデルから推定した眼球の中心位置を結ぶベクトルを視線として推定する。

提案手法を用いた視線推定精度の実験を行い、閲覧者とポスター及びカメラとの距離が 1.0m の場合に視線推定精度は  $6^\circ$  程度であった。これは、A1 サイズのポスターでは 40 個の領域を区別できる精度に相当する。

##### ②角膜反射像を用いた視線計測手法

提案手法はポスター画像の学習と虹彩上のポスター像の検出の 2 つのフェーズから構成されている。

ポスター画像の学習においては、観測対象のポスター画像が既知であることから、教師あり学習手法を用いる。本研究では物体検出器として Haar 分類器を用いることとし、元のポスター画像を回転および拡大・縮小することで作成した正解画像と、ポスターに無関係な不正解画像を用意し、AdaBoosting により検出器を構築した。

ポスター像の検出は、目領域の検出、超解像処理、物体検出の 3 つの処理から構成されている。目領域の検出に関しては「①虹彩の見え方と眼球の 3次元モデルを用いた視線計測手法」と同様の手法を用いた。超解像処理は複数枚の画像を用いることで、高解像度の画像を復元するマルチフレーム超解像処理手法を用いた。画像劣化の要因をモーション、ぼけ、ダウンサンプリングとして低解像度画像をモデル化し、これらの影響が最小となるような画像を、最適化処理をすることで求めた。物体検出では、超解像処理により復元された画像を、学習により得られた検出器に入力することで、虹彩上にポスター画像が含まれているかを判断する。

3000 枚の正解画像および 1000 枚の不正解画像により学習した検出器と、閲覧者の正面におかれた単眼カメラを用いて実験を行い、図 2 に示すように、ポスターと閲覧者との距離が 1.0m までの範囲において、虹彩上のポスター画像が検出可能であることを確認した。また、これまではポスターが存在するか否かという判断までしか行っていないが、虹彩上のどの位置にポスターが存在するかという情報から、ポスターのどの部分が注視されているかということまで判断していくことが今後の課題である。

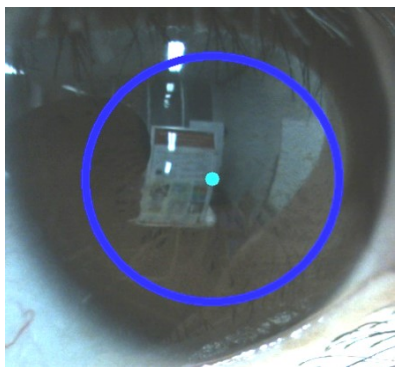


図 2 虹彩上のポスター画像の抽出

### (2) 注視順序予測のための確率モデルの構築

提案モデルでは、ポスターを画像などの領域ごとに分割し、その領域がどの順序で注視されると予想されるのかを図 3 のような確率で表現する。そのため、まず視線の順序を決定する要素について、各領域の色、大きさ、視線の停留点からその領域までの距離、画像に対する注意の向けられやすさを予測する顕著性マップからの顕著性情報について分析を行い、距離が最も影響が大きい要素であることがわかった。また、一度注視した領域を再び見る確率は著しく下がることを確認された。以上の結果を基に、視線計測の結果を利用して、これらの要素の影響を線形回帰モデルで表し、一度注視された領域は再び注視されないという条件で注視順序を予測する確率モデルを構築した。

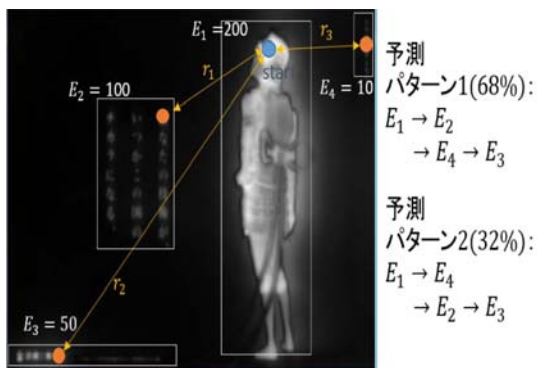


図 3 注視順序の予測

モデルを構築するために用いたポスターとは別のポスターに対して視線を予測する実験を行った。その結果、注視順序の後半になると予測の精度が落ちるといった問題が明らかとなり、さらなる要素の検討が今後の課題となった。

### (3) 動的な情報提示による視線誘導手法の効果の検証

デジタルコンテンツを用いて注目させたい場所へ視線を誘導するには、文字や画像を「点滅させる」、「大きさを変化させる」といったように、閲覧者に変化に気づかせることで誘導を行うものが多い。これに対し、閲覧者に気づかれにくい視線誘導として、提示画像の解像度やコントラストを部分的に変化させることで視線誘導が可能であるとの先行研究がある。しかし、これらの研究においても、画像全体を見た際に画像を変化させた領域と変化させていない領域の差により、閲覧者が不自然さを感じてしまうことがあると言われている。そのため、人間の中心視と周辺視の特性に着目し、領域内の変化に気づきやすい中心視で対象を見る前に制御前の画像に切り替えるという処理を順次繰り返していくことで、閲覧者に不自然さを感じさせることなく視線誘導を行うことが可能であるかを検証した。

風景や幾何学模様といった画像に対して、動的に解像度やコントラストを変化させた画像を提示する実験を行った。その結果、図 4 に示すように、何も画像を変化させない場合と比較して、目的の場所への視線の停留時間が長くなることが確認できた。また、コントラストを変化させる場合の方がその効果が高いことがわかった。しかし、一方で画像を変化させることによる不自然さを閲覧者が感じるかをアンケートにより調査した結果、視線誘導効果が高い時の方が、不自然さを感じる実験参加者の割合も高くなることがわかった。

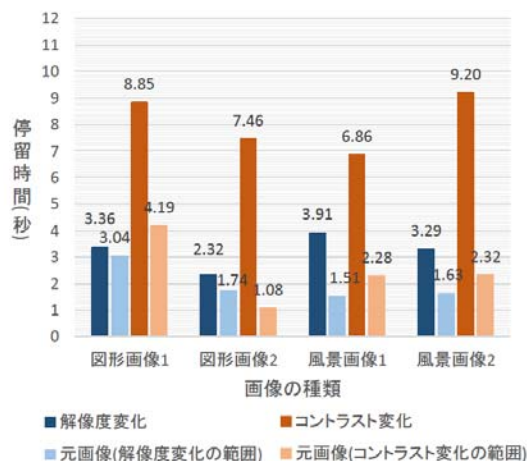


図 4 動的な画像変化による視線停留時間の変化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

① Roma Urano and Takeshi Sasaki, “Eye Gaze Estimation Based on Corneal Reflection Image Using Monocular Camera for Intelligent Poster,” The 2nd IEEJ Int. Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Tokyo, Japan, V-9, 2016.03.08.

② Takeshi Sasaki, “Estimation of Eye Gaze Using a Monocular Camera and Its Application,” Electrical Engineering and Mechatronics Conf, Debrecen, Hungary, 2015.03.09.

③ Roma Urano, Ryuji Suzuki and Takeshi Sasaki, “Eye Gaze Estimation Based on Ellipse Fitting and Three-Dimensional Model of Eye for “Intelligent Poster,”” 2014 IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics, Besancon, France, pp.1157-1162, 2014.07.10.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐々木 毅 (SASAKI, Takeshi)

芝浦工業大学・デザイン工学科・准教授

研究者番号：20581747