

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700168

研究課題名(和文)視線に基づく模倣インタラクションによる自己の興味への気づきとその評価方法の確立

研究課題名(英文)Gaze Mirroring Interaction to Make Latent Interest Explicit and Its Evaluation

研究代表者

平山 高嗣(Hirayama, Takatsugu)

名古屋大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：10423021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：自己の潜在的状態への気づきは、いつ生まれるのであろうか？それを探るアプローチの一つとして、他者の興味、関心を理解するプロセスの一つである共同注視を自己と行う注視模倣インタラクションを提案している。本研究では、ユーザの注視行動を擬人化エージェントが同期同調して模倣するGaze Mirroringを設計した。そして、ユーザがディスプレイに提示された複数の視覚対象から好みのものを選択する状況において、興味を持つ対象への注視持続時間が有意に増加することを確認した。また、本研究を通じて、人間の認知状態と注視行動および視覚環境コンテキストとの間の関係をモデル化するための数々の有用な知見を得た。

研究成果の概要(英文)：How do people make latent cognitive state explicit? We have focused on a joint attention which is a process to understand others' mind and proposed a self-feedback interaction that human establishes it with oneself. In this work, we designed Gaze Mirroring that an anthropomorphic agent actively establishes the joint attention with the user by imitating his/her gaze behavior in synchronization and sympathy. We confirmed that the user gazed longer at a visual object of interest in an experimental situation where the user made a choice from some objects. Through this work, we also yielded important findings to model relationships between human cognitive state, gaze behavior, and visual environmental context.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：人間情報学 知能情報学

キーワード：マルチモーダルインタフェース 注視行動 模倣 興味 気づき 視覚的注意

1. 研究開始当初の背景

近年、膨大で多様な情報源にアクセスし、情報の閲覧や商品の選択を行うことが可能になっている。この環境下では、ユーザは選択基準を明確化していなければ、迷いや悩みによる心理的負担を増大させる。このような場合、自分のことを良く理解している家族が行うように、インタラクティブシステムがユーザの興味に気づき、ユーザにそれを気づかせられれば、ユーザは自己理解を促進し、安心感を持てる。益々複雑化する情報空間においてユーザが自己を見失わないために、システムが持つべき支援機能である。

従来の一般的なインタラクティブシステムでは、ユーザが明示的指示を与え、システムがそれに応答するリアクティブインタラクションモデルが用いられてきた。しかし、ユーザが自己の興味を明確に自覚していない状況では、このモデルによる円滑なインタラクションは成り立たない。また、ユーザが無意識的に表出する非言語的な振る舞いをシステムが受動的に観測することで興味を推定することも、それがたとえ人間同士であっても非常に困難である。そこで本研究に先行して、システムが主導権を持って積極的に対話を行うプロアクティブインタラクションモデルに基づき、システムがユーザに働きかけを行い、それに対するユーザの反応から心的状態を推定する **Mind Probing** というコンセプトを提案してきた。そして、どのような働きかけがユーザの潜在的な興味を観測可能な形の振る舞いへと引き出すかについて議論してきた。

2. 研究の目的

人間同士の対話においても、相手の心的状態を正確に理解したい場合に、**Mind Probing** を行っている。本研究では、他者の心を理解するプロセスの一つであり、他者と関心を共有する事物へ注意を向けるよう行動を調整する振る舞いである共同注視に注目する。これに基づけば、システムが提示した視覚対象に対して、ユーザとシステム（エージェント）との間で共同注視を実現することでユーザの注視行動に興味をより反映させられる可能性がある。

本研究では、ユーザの注視行動をシステムが模倣することで共同注視を実現し、ユーザに自己の潜在的な興味への気づきを促進する注視模倣インタラクション **Gaze Mirroring** を設計し、その効果を評価する。その過程で、①気づきを促進する模倣行動を明らかにし、②その模倣に対するユーザの注視反応行動、注視協調行動をモデル化、③脳波などの生体指標を含めたマルチモーダルデータに基づく気づきの兆候の抽出を目指す。本研究で得られる成果は、人間の認知状態と注視行動および視覚環境との間の関係を明らかにするための有用な知見になると考えられる。

3. 研究の方法

注視模倣インタラクションの設計およびその評価を行うために、視覚対象への興味と注視行動の関係を分析、モデル化する必要がある。近年、視線計測装置の高精度化、低廉化に伴い、その関係の分析が盛んに行われているが、知見が十分に得られているわけではない。本研究では、人間の視覚機能に関わる基礎的研究を含め、下記の3つの観点から研究を推進する。

- (1) 注視行動と興味との関係の分析
- (2) 注視模倣インタラクションの設計
- (3) 注視模倣インタラクションの分析

4. 研究成果

- (1) 注視行動と興味との関係の分析

① 視覚的注意の計算モデルの設計

視覚対象に対して注視模倣を行う際に、その対象が人間の視覚的注意を引き起こす誘目度を考慮することが重要である。従来研究において、視野に存在する視覚対象が持つ視覚特徴のみに基づいて視覚的注意を推定する顕著性マップモデルが基礎的な計算モデルとして提案されている。そして、その派生モデルとして、人間が視覚対象に対して持つ表象（事前知識）を考慮した誘目度計算モデルが提案されている。

誘目度の基本的な計算プロセスは、複数の学習画像を用いて、事前知識の獲得対象である目標画像とそれ以外の妨害画像群それぞれの視覚特徴分布の平均値や期待値の比率を学習し、それに基づいて顕著度を調整する。その問題点として、それらの分布の代表値間の関係のみを考慮することと過学習を起こす可能性があることが挙げられる。

本研究では、事前学習を行わずに、目標画像と各妨害画像の視覚特徴分布の線形分離度に基づいて顕著度を調整する計算モデルを提案した。図1は従来モデルと提案モデルから計算された顕著度マップもしくは誘目度マップと被験者の顕在注意領域（注視領域）を示す。提案モデルは従来モデルより高い精度で顕在注意領域を推定でき、かつその領域の過検出を抑えた。本成果は、**HCG シンポジウム 2013** で学生優秀インタラクティブ発表賞を受賞した。

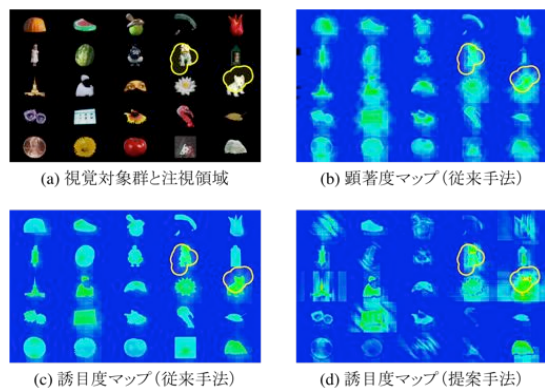


図1 視覚的注意推定結果

② 視覚対象に対する興味と注視行動および選択行動との関係の分析

認知状態は高次かつ曖昧である一方で、視線運動は微小時間あたりでは数次元の情報しか持たないため、視覚対象に対する興味と注視行動との間に強い関係が存在するかどうかは懐疑的である。そこで、従来から視覚対象への興味が反映すると考えられている意識的な身体動作による選択行動と興味対象への注視行動の比較を行った。状況設定として、多視点映像視聴システムを用いた被写対象の釘付け視聴に着目した(図2)。

多視点映像とは、ある事対象を複数のカメラで同時に撮影した映像である。本研究で用いた多視点映像視聴システムは、視聴者が注目したい被写対象を選択することができ、その対象を画面の中央に常に固定する(釘付ける)ことができる。つまり、視聴者は自らの操作によってタイムスライスのような視点切り替え映像効果を体験することができる。

被験者実験で計測したデータを分析し、主観的に興味が高い被写対象に対して、視線の停留点との距離が短くなり、その被写対象を釘付けるために選択していた持続時間が長くなるという関係が明らかになった。そして、その関係は前者の方が明確である、つまり、興味と注視行動との関係の方が意識的な身体動作による選択行動との関係より強いことを示唆する結果を得た。本成果の一部は、8th ACM Symposium on Eye Tracking Research and ApplicationsでBest Short Paperを受賞した。

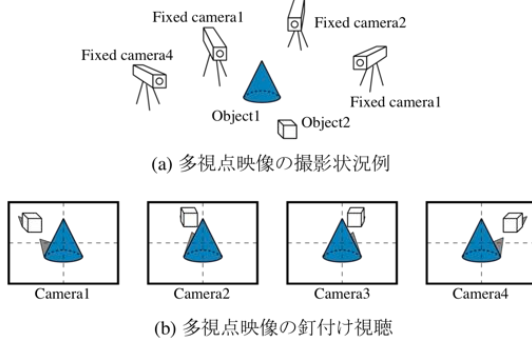


図2 多視点映像の撮影と釘付け視聴

③ 視覚情報のレイアウトを考慮した注視行動の分析

注視行動は人間の認知状態だけではなく、視覚コンテンツを構成する画像や文章といった要素オブジェクトの意味的性質やレイアウト構造にも影響を受ける。視覚対象に対して注視模倣を行う際には、視覚的注意に加えて、そのようなデザイン構造を考慮する必要がある。そこで、要素オブジェクト間の意味的關係に基づいてレイアウトを階層構造で表現し、注視行動をその構造上での注視パターンとして記述する分析手法を提案した。

提案手法により、注視行動と認知状態との関係をより詳細に表現することができ、デザイン構造との紐付きの注視パターンを観測することで認知状態の識別が可能になると

考えた。そして、複数の視覚対象から興味がある対象を選択するプロセスに着目した被験者実験を行い、情報獲得中、選択決定中、自由閲覧中の3状態を識別することを試みたところ、各状態を70%程度の精度で識別することができ、比較手法より良い結果を得た。

(2) 注視模倣インタラクションの設計

模倣は、人間の社会活動の根源的行動である。人同士のコミュニケーションにおける模倣の効果はカメレオン効果と呼ばれ、非言語的な振る舞い(表情、姿勢、動作の癖)の無意識的な変化を引き起こし、円滑なインタラクションを促進する。注視行動は非言語的な振る舞いであり、その模倣が他者と関心を共有する事物へ注視を向けるよう行動を調整する共同注視を実現すると考える。

本研究では、バイオフィードバックの効果をも想定した注視模倣インタラクション Gaze Mirroring を設計した。バイオフィードバックは、人間が無意識的に表出する生理情報をシステムが観測し、その人間自身にそれを帰還することで認知状態の制御を促すインタラクションである。その効果として、ユーザが自己の興味への気づきを促進し、注視行動を変化させ、認知状態が外部から観測可能になることが期待できる。

Gaze Mirroring は、図3に示すようにセルフフィードバックを行うインタラクションモデルであり、ユーザとシステムが注視する視覚対象が同期同調した共同注視を実現する。システムによる注視行動を表現するために、目玉のアピランスだけを持つエージェントをデザインした。Gaze Mirroring による本質的な効果を引き起こすことを目的とし、システムによる視覚対象への注視を表すために必要な要素以外を省いた。

また、Gaze Mirroring を行う情報提供システム「情報コンシェルジュ」を開発した(図4)。さらには、Gaze Mirroring を行いながら、脳波などの生体指標を含めたマルチモーダルデータを計測する環境を構築した。

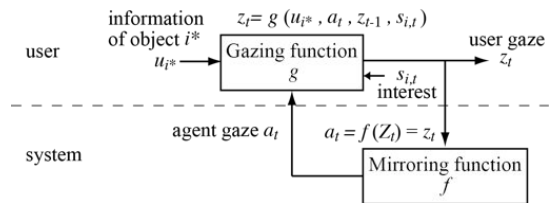


図3 Gaze Mirroring モデル

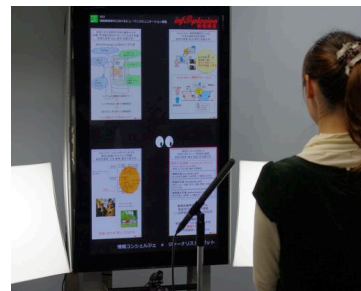


図4 情報コンシェルジュ

(3) 注視模倣インタラクションの分析

共鳴的動作である模倣の効果として、肯定的要因に対しての行動促進と否定的要因に対しての行動抑制を示す事例が報告されている。Gaze Mirroring においては、ユーザが視覚対象に興味を持っている場合は共同注視を行うことに抵抗がなくそのまま注視が持続し、興味を持っていない場合には注視を外す回避行動が表れる可能性がある。つまり、視覚対象への注視持続時間や注視頻度にユーザの興味が顕わることが期待できる。

情報提示システムが一度に4つの視覚対象をディスプレイに提示し、ユーザが1つを選択する状況を設定し、Gaze Mirroring を行う実験を行った。各視覚対象は画像と文章で構成された。視覚対象に対する興味の有無は、被験者が実験後に提示した。図5は視覚対象への注視持続時間の頻度分布を示す。興味がある視覚対象への注視持続時間が Gaze Mirroring を行った場合において、行わなかった場合に比べて600ミリ秒増加した。そして、その要因が文章への注視持続時間の増加であったことが明らかになった。しかしながら、注視頻度や注視パターンに有意な変化が見られなかった。

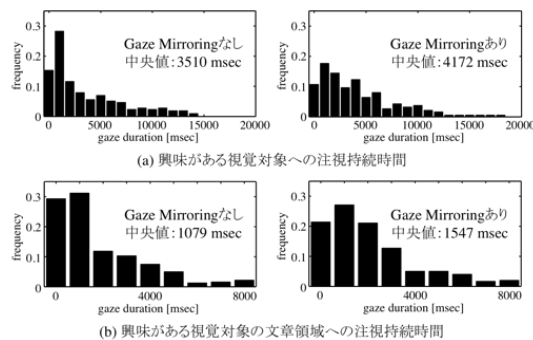


図5 Gaze Mirroring 効果

ユーザの視線の可視化や動作の模倣によって、行動や興味への気づきを促進している研究事例がある。注視模倣インタラクションによっても自己の興味への気づきをユーザに与えている可能性がある。本研究では、注視模倣に対するユーザの注視反応行動、注視協調行動の数理モデル化、また、脳波などの生体指標を含めたマルチモーダルデータに基づく気づきの兆候の抽出を達成することができなかったが、人間の認知状態と注視行動との関係を明らかにするために視覚環境を考慮することの重要性を示し、その三者関係をモデル化する研究の推進に貢献できるであろう数々の重要な知見を得た。

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)

[雑誌論文] (計3件)

①Akisato Kimura, Ryo Yonetani, T. Hirayama, "Computational Models of Human Visual Attention and Their Implementations: A Survey",

IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E96-D, No.3, pp.562-578, 2013. <http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/171749> (査読有)

②石川恵理奈, 米谷竜, 平山高嗣, 松山隆司: Gaze Mirroring による注視模倣効果の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.12, pp.3637-3646, 2011 (査読有)

[学会発表] (計17件)

①T. Hirayama, Takafumi Marutani, Sidney Fels, Kenji Mase, "Analysis of Gaze Behavior while using a Multi-Viewpoint Video Viewer", 8th ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications, Mar. 28, 2014, Florida, US

②Toshiya Ohira, T. Hirayama, Shohei Usui, Shota Sato, Kenji Mase, "Top-down Visual Attention Computational Model Using Visual Feature Distribution of Search Target", Workshop on Attention Models in Robotics: Visual Systems for Better HRI, Mar. 6, 2014, Bielefeld, Germany

③ T. Hirayama, Takafumi Marutani, Daishi Tanoue, Shogo Tokai, Sidney Fels, Kenji Mase, "Agent-Assisted Multi-Viewpoint Video Viewer and Its Gaze-Based Evaluation", 6th Workshop on Eye Gaze in Intelligent Human Machine Interaction, Dec. 13, 2013, Sydney, Australia

④Erina Ishikawa, Ryo Yonetani, T. Hirayama, Takashi Matsuyama, "Analysis of Gaze Mirroring Effects", International Joint Workshop on Advanced Sensing/Visual Attention and Interaction, Nov. 5, 2013, Okinawa

⑤平山高嗣: 人間の内部状態を顕在化する視覚的インタラクション, 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, 2013年9月3日, 鳥取

⑥ Erina Ishikawa, Ryo Yonetani, Hiroaki Kawashima, T. Hirayama, Takashi Matsuyama, "Semantic Interpretation of Eye Movements Using Designed Structures of Displayed Contents", 4th Workshop on Eye Gaze in Intelligent Human Machine Interaction: Eye Gaze and Multimodality, Oct. 26, 2012, Santa Monica, CA, US

⑦ T. Hirayama, Yasuyuki Sumi, Tatsuya Kawahara, Takashi Matsuyama, "Info-Concierge: Proactive Multi-Modal Interaction Based on Mind Probing", Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, Oct. 20, 2011, Xi'an, China

[その他]

ホームページ等

<http://mase.itc.nagoya-u.ac.jp/~hirayama/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

平山 高嗣 (HIRAYAMA, TAKATSUGU)
名古屋大学大学院情報科学研究科・助教
研究者番号: 10423021