

Gaze Mirroringによる注視模倣効果の分析

石川 恵理奈^{*1} 米谷 竜^{*1} 平山 高嗣^{*2} 松山 隆司^{*1}

Analysis of Gaze Mirroring Effects

Erina Ishikawa^{*1} Ryo Yonetani^{*1} Takatsugu Hirayama^{*2} Takashi Matsuyama^{*1}

Abstract – This work proposes a synchronous human-agent interaction, *Gaze Mirroring*, that an anthropomorphic agent imitates gaze behavior of user while he/she makes a choice from contents provided by an interactive system. Gaze Mirroring can perform as a mirror; it gives the user a visual feedback that makes aware his/her gaze targets. Gaze Mirroring can also establish the joint visual attention between the anthropomorphic agent and the user; it elicits gaze behavior reflecting interest from him/her. We confirmed Gaze Mirroring effects that the gaze duration on the contents which subjects are interested in becomes longer, through some experiments by applying Gaze Mirroring to content display system.

Keywords : gaze behavior, imitation, synchronization, HAI, visual feedback

1. はじめに

インターネットの発達にともなって、情報の量的巨大化、質的複雑化が情報弱者の普遍化を招いている。現在普及している一般的な情報検索システムを用いる場合、的確なキーワード入力、もしくは明確な判断基準による情報選択を行うことができなければ、所望の情報にたどり着くことがしばしば困難となる。このように、ユーザが自己の状態を明確に自覚していない状況やそれを明示的に表現できない状況においては、システムとユーザとが双方向的に働きかけを行うインタラクションが有効とされている^[1]。我々は、人同士の対話分析による従来知見に基づいて設計したシステム動作が、ユーザの状態をどのように変化させるかについて検証し、ユーザの内的状態を無意識的な行動に引き出すヒューマンマシンインタラクションの実現を目指している。本研究では、このインタラクションの手段の一つとして「模倣」に注目し、注視行動をその対象として分析を行う。

模倣は、人間の社会活動の根源的行動であるため重要視され、発達心理学、社会学、ロボット工学など多様な分野で研究が盛んに行われている^{[15], [17]}。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、くせ）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させることが明らかになっている^[3]。また、この効果は人とロボットやエージェントとのイ

ンタラクションにおいても表れることが示されている^{[1], [10]}。一方で「目は心の窓、目は口ほどに物を言う」と諺や慣用句でも広く用いられるように、注視行動は人間が内的状態を表出する非言語的な振る舞いの一つとしてしばしば注目される。特に注視行動と人間の注意・関心の関係は、心理学、生理学分野を中心に研究され^{[13], [14]}、注視の滞留時間や頻度によって興味の対象を推定するという工学的応用も行われている^[8]。しかしながら、その多くは静的な情報提示環境下での注視行動を扱ったものであり、システムとのインタラクションによってユーザの注視行動がどのように変化するかを分析した従来研究^{[2], [7]}は限られている。

そこで、我々は、擬人化エージェントを通してシステムがユーザの注視行動を模倣することで、その行動自体の無意識的な変化を引き起こし、これがヒューマンマシンインタラクションの重要な要素になると考え、この検証のために注視模倣インタラクション“Gaze Mirroring”を提案する。本論文では、このGaze Mirroringによる注視行動への影響をGaze Mirroring効果と呼び、その特性を明らかにすることを目的とする。

2. Gaze Mirroring

2.1 状況設定

本研究では、ヒューマンマシンインタラクションがユーザサポートのために効果的に働く状況の一つとして街角などに設置された大画面情報提示システムを用いて、ユーザが好みのコンテンツを選ぶという状況を想定する。このシステムは、あるカテゴリに属する複数の似通ったコンテンツを一覧提示する。類似した情報を目の前にして選択を行うという状況は日常的であり、ユーザは提示されたコンテンツに対して吟味や見

^{*1}: 京都大学大学院 情報学研究科

^{*2}: 名古屋大学大学院 情報科学研究科（本研究は京都大学在籍時から従事している。）

^{*1}: Kyoto University

^{*2}: Nagoya University

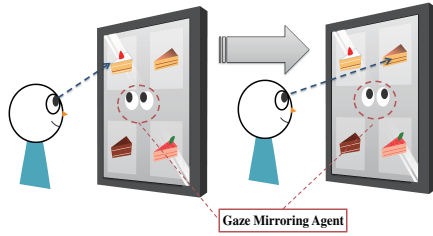


図1 Gaze Mirroring: 擬人化エージェントによるユーザの注視模倣
Fig.1 Gaze Mirroring: imitation of user's gaze behavior by agent.

比べといった注視行動に興味という心的要因に基づいて行うものと考えられる。Gaze Mirroringを行う擬人化エージェントはコンテンツと並んでディスプレイに表示され、ユーザの注視行動を模倣する(図1)。

2.2 注視模倣インタラクション

Gaze Mirroringによる注視行動の模倣は、ディスプレイ上でユーザが視線を向けたコンテンツ領域に対してエージェントが同期的に注視を行うことで実現する。このときGaze Mirroringは、図2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として表現することができる。これは、ある時刻 t のユーザの注視コンテンツ z_t を制御する注視関数 g 及びエージェントの注視コンテンツ a_t を制御する模倣関数 f によって構成される。ここで注視関数とは、コンテンツ i への興味 $s_{i,t}$ 、ディスプレイ全体の視覚情報(コンテンツ全ての視覚情報 u_{i*} 、エージェントの注視方向 a_t)、及び一時刻前の注視行動 z_{t-1} を入力とし、ディスプレイ上の注視コンテンツ z_t を出力するものである。また模倣関数はユーザの注視コンテンツ z_t を入力とし、エージェントがこの z_t に同期して注視模倣を行うように、同時刻 t において注視コンテンツ a_t を出力するように設計する。すなわち、 $a_t = z_t$ であり、システムは観測されたユーザの注視行動を鏡のように視覚情報として可視化しユーザへ帰還する。従って、ユーザは自身の内的状態を反映した情報を知覚可能な状態で外部から即時的に受け取ることになる。

2.3 Gaze Mirroring 効果

以下ではエージェントの模倣がどのような認知的効果を与えるか予想し、Gaze Mirroring効果について仮説を与える。Gaze Mirroringによる注視行動に関するセルフフィードバック系は、コンテンツの視覚情報 u_i が静的である場合には外乱的要因の影響を受けにくく、エージェントが自律した内部状態を持たないため、このGaze Mirroring効果はどのユーザに対しても普遍的に表れることが期待される。

まず、システムによる注視模倣はバイオフィードバックの機能を果たす可能性があると考えられる。バイオ

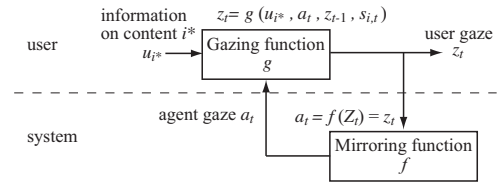


図2 Gaze Mirroringにおけるセルフフィードバックモデル
Fig.2 The visual feedback model for Gaze Mirroring.

フィードバックとは、人間が無意識的に表出する生理指標や人間の内的な活動指標をシステムが観測し、その人間自身に知覚させるように帰還することで心身状態の制御を促すヒューマンマシンインタラクションである[6],[9]。バイオフィードバックに関わる従来知見に基づくと、以下の効果が期待できる。バイオフィードバックによってユーザは、帰還された身体の状態(客観的指標)と、自己が感じる身体の状態(主観的指標)をマッチングさせることで両者の乖離に気づき、それが手がかりとなって身体感覚の気づきが高まる[6]。そして、このような気づきは、さらに感情の気づき、心身相関の気づきにつながると考えられている[12]。

注視模倣はさらに、自己が視線を移した際に、対面する相手がその方向に視線を移動させ注視対象を共有する行為である共同注視を、ユーザにエージェントとの間で知覚させる可能性がある。従来研究で、人間と擬人物間でも人間同士のインタラクションと同様に、この共同注視が起こることが報告されている[16]。共同注視とは、他者の心を理解するプロセスの一つであり[4]、他者と関心を共有する事物へ注視を向けるように行動を調整する模倣行動の一種である[17]。提示コンテンツへのユーザの注視行動をエージェントが模倣することで共同注視が成り立てば、ユーザの注視行動に影響を及ぼし、内的状態を外部から観測可能な振る舞いに引き出す可能性がある。

國吉は、模倣の機能構成の最も原初的な基盤として、反応促進を提案している。これは、他者の行動に直接呼応し、それが自己の既存の行動単位を活性化し、非意図的に同じ行動を引き起こすものと考えられている。つまり、模倣は共鳴的動作である[17]。模倣に基づくインタラクションの効果については、対話相手が快の表情を表出している場合にそれを模倣すると、対話相手による表情表出がより長く持続し、不快の表情の場合にはその持続時間が短くなることが従来研究によって明らかになっている[5]。これは反応促進と内的状態とが結びついた例であり、模倣が肯定的要因に対してその行動を促進し、一方で否定的要因に対して抑制的に働く可能性を示唆している。

これらのことから、ユーザの注視行動をエージェントが模倣すると、ユーザは自身の注視行動や興味に気づき、肯定的要因に対しての注視が促進され、否定的要因に対しての注視は抑制される可能性がある。すなわち持続時間を注視対象の切り替わりから次の切り替わりまでの時間と定義すると、以下の仮説を導ける。

仮説

Gaze Mirroring によって、興味対象への注視の持続時間が長くなる。

3. Gaze Mirroring 効果の分析

3.1 Gaze Mirroring システムの構成

Gaze Mirroring 効果を分析するために、図 3 に示す大画面情報提供システムを構築した¹。このシステムはディスプレイ上でのユーザの注視位置を計測する視線計測モジュールと、コンテンツ表示とエージェントの注視行動の制御を行う情報提供モジュールから構成される。視線計測モジュールには、角膜反射法に基づくアイトラッカー²を適用し、ユーザの眼下に設置した³。注視位置は 0.5 度（ディスプレイ上で約 17mm）の精度で 60fps で獲得することができる。情報提供モジュールは、大画面（表示領域は縦 1434mm、横 807mm）⁴の四隅に配置したコンテンツ領域それぞれに 1 つのコンテンツ（縦 323mm、横 430mm）を提示し（すなわち、2.2 節において $i = 1, 2, 3, 4$ ）、画面中央領域にはエージェントを表示し、視線計測モジュールによって得られたユーザの注視位置に基づいて制御する。注視位置の計測精度がディスプレイ上で約 17mm であり、人間の中心視野がディスプレイ上で直径約 70mm の円領域であることを考慮し、コンテンツ領域の外側に 87mm の余白領域を設ける（図 4）。なお、それぞれの領域の提示コンテンツは 1 枚の画像、80 字程度の説明文から成る（図 5(b) 参照）。

3.2 エージェントデザイン

Gaze Mirroring を行うエージェントのデザインには、目玉だけを持つ単純なものを用いる。本研究では表情変化、瞬き、アピランスなどエージェントの表面的なデザインに依存しない、注視模倣によってもたらされる根幹の効果を分析することを目的としており、エージェントの視線方向をあらわすために必要な要素以外は省いた。エージェントの注視行動は、コンテン

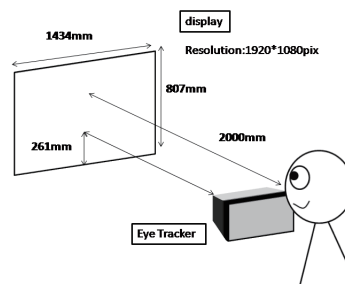


図 3 実験環境

Fig. 3 Experimental environment.

ツ領域へ目玉自体を接近させるとともに、虹彩を移動させることによって実現する。これにより、エージェントの注視模倣が十分な視覚的变化によってユーザの注意をひくことを期待できる。ユーザがあるコンテンツを注視している際に、エージェントによる注視模倣を比較的解像度の高い周辺視野（5 度範囲の傍中心視野）で十分に知覚できるように、コンテンツ領域の端から 175mm の位置へと目玉を接近移動させる。

この視線データには、瞬きや突発的なノイズが含まれるので、安定した注視模倣を行うために、 $e(t)$ に対して中央値フィルタ⁵を施す。この注視データからユーザが注視しているコンテンツを以下のように識別する。いま、ディスプレイに提示されたコンテンツ集合を $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$ と表現する。コンテンツ C_n はディスプレイ上において特定の領域に配置されており、以下ではその領域を $C_n = \{x, y \mid u_n \leq x \leq u'_n, v_n \leq y \leq v'_n\}$ と定義する⁶。このとき、時刻 t におけるエージェントの注視コンテンツ $a(t)$ は、以下のように注視点 $e(t)$ を各領域に照合することで得られる。

$$a(t) = \begin{cases} n & (e(t) \in C_n) \\ \phi & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

ここで n は各コンテンツを示す ID であり、 ϕ はどのコンテンツも注視していない状態を示す。また今回用いたシステムの反応速度（視線データの獲得からエージェントによる模倣がディスプレイに反映されるまでにかかる遅延）は、100msec 以下であり人間が遅延を知覚できない程度である。図 4 は、提示コンテンツとエージェントによる注視行動の一例を示す。

3.3 実験デザイン

被験者に与える基本タスクは、同じカテゴリの 4 つのコンテンツから好みのものを 1 つ選択するというも

1: ユーザとディスプレイ間の距離は 2000mm に設定し、被験者実験では、所要時間が長くなることによる影響を考慮し、被験者は椅子に着席した。

2: Tobii 製 X60 EyeTracker。頭部の移動可能範囲は幅 400mm、高さ 220mm、奥行き 300mm。

3: CPU: Core2Quad 2.83GHz、グラフィックカード: EN9600GT SILENT、メモリ: 4GB、OS: Windows XP。

4: Panasonic 製 65 インチ PDP TH-P65VT2。解像度 1920 × 1080pixel、リフレッシュレート 60Hz。

5: 時刻 t を含め $t-4$ フレームまでの注視点系列（80msec）の中央値を返す。

6: $u_1 = u_2 = 0, u_3 = u_4 = 1344, u'_1 = u'_2 = 576, u'_3 = u'_4 = 1920, v_1 = v_4 = 0, v_2 = v_3 = 648, v'_1 = v'_4 = 432, v'_2 = v'_3 = 1080$ （単位は画面上の画素値 [pix]）

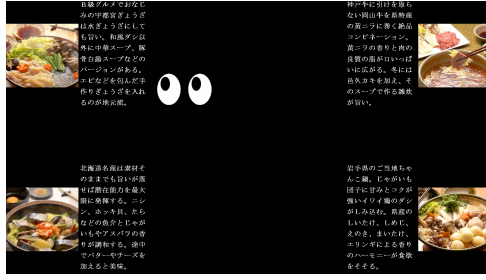


図4 エージェントと提示コンテンツ (画像は (株) ミツカンのホームページから引用. 文章は実験者が改編.)

Fig. 4 Agent and contents. (The contents referred to the web page of Mizkan Inc..)

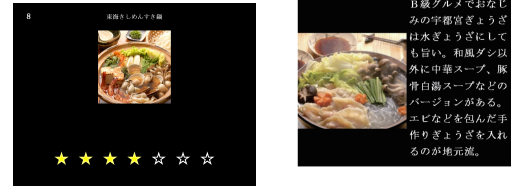
のを設定し、以下の事前評価フェーズ、選択フェーズ、事後評価フェーズの手順で実験を行う⁷。用意したコンテンツは、4つのカテゴリにおいて16個ずつ計64個のコンテンツである。

事前評価フェーズ

被験者毎に選択肢となる提示コンテンツの統制を行う。提示コンテンツのそれぞれに対する被験者の興味度合い（興味度）に大きな差がある場合、被験者は吟味の上での比較を行わずに選択を完了してしまう恐れがあり、Gaze Mirroring の効果が必ずしも期待できない。そこで、被験者に用意した全てのコンテンツを1つずつ順番に提示し、興味に応じて7段階の採点を行う事前評価を課す。そして、この評価に基づいて興味度がより高いものから優先的に、互いの興味度の差が小さい4つのコンテンツを1セットとし、各カテゴリにおいて2セットずつ、計8セット（32コンテンツ）を抽出する。この事前評価は、次に述べる選択フェーズでのコンテンツへの興味度の大きな時間変化を抑えることが期待できる。Gaze Mirroring は内的状態の変化にも影響を及ぼす可能性があるが、本研究では2.2節で述べたように、内的状態を反映した注視行動を引き出す効果に注目しているため、内的状態の変化を実験間である程度統制する必要がある。なお、この事前評価の段階で被験者が選択を完了してしまうように、被験者に提示する情報を最小限にとどめる。具体的には、コンテンツの説明文を表示せず、説明文を要約した10数文字程度のキャプションと画像のみを表示する（図5(a)参照）。

選択フェーズ

事前評価フェーズで抽出したコンテンツセットを1セットずつ提示し、各セットから最も気に入ったコンテンツを1つ選択するタスクを被験者に課す。このとき各コンテンツにおいて、それぞれ説明文と画像を表



(a) 事前評価フェーズ (b) 選択フェーズ

図5 提示コンテンツの例

Fig. 5 An example of displayed contents.

示する。本実験では抽出した8つのコンテンツセットを用いて、Gaze Mirroring を行う実験とエージェントを表示しない実験を交互に計8回行う。なお被験者には選択が完了した時点で口頭にて結果を伝えてもらうこととし、選択完了までの制限時間は無しとする。

事後評価フェーズ

選択フェーズの全試行の終了後、1回目の試行から順にコンテンツセットを再度提示し、選択したコンテンツ以外に気になったものがあったかどうかについて回答を求める。これは、選択されたコンテンツが唯一の興味対象であるとは限らず、興味対象が複数あった場合のGaze Mirroring 効果をも分析するためである。またこれに加えて、提示されたエージェントに関する簡単な印象評価を課す。

3.4 分析手法

2.3節で述べたように、Gaze Mirroring による注視模倣は、注視行動への被験者の興味を反映する可能性があると考えられる。従って以下では、被験者の興味の有無によって、各コンテンツに対し興味コンテンツ (I) 及び非興味コンテンツ (NI) の2つのラベルを与え、それぞれへの注視行動を分けて扱う。Iには被験者が選択フェーズにおいて選択したコンテンツ、及び選択はしなかったが事後評価フェーズにおいて「選択コンテンツ以外に気になったコンテンツ」としたものを含め、これら以外のコンテンツをNIとする。実験は注視模倣条件に加え、統制条件としてGaze Mirroring 無しの場合の2条件で行ったため、本研究では以下の4種類の注視行動を考える。

GM・I 注視模倣条件、興味対象への注視行動

GM・NI 注視模倣条件、非興味対象への注視行動

NGM・I 統制条件、興味対象への注視行動

NGM・NI 統制条件、非興味対象への注視行動

これらの注視行動において、Gaze Mirroring 有/無における興味/非興味コンテンツへの注視の差異を検証するために、GM・IとNGM・I、及びGM・NIとNGM・NIに対して、それぞれの注視持続時間の差についての統計的仮説検定を行う。注視持続時間は、注視コンテンツの切り替わりから次の切り替わりまでの

⁷: アイトラッカーのキャリブレーションをこの事前評価フェーズと選択フェーズの間で行う。

インターバルを求めることで算出し、インターバル内で瞬き等によるデータの欠損⁸が生じた場合においても、そのコンテンツへの注視は持続しているとする。

4. 検証実験

前章で述べたシステムと実験デザインを用いて、Gaze Mirroring 効果の検証実験を 20 歳代男女 9 名の被験者に対して行った。コンテンツのカテゴリは、鍋料理、パスタ、ラーメン、ケーキとした。

4.1 実験結果

計測によりディスプレイの左上を原点として得られた被験者の注視座標の時系列データ、及びそれらを注視コンテンツの時系列データに分類化した結果の例を、それぞれ図 6(a)、図 6(b) に示す。

まず全被験者を統合した計測データにおける、GM・I、NGM・I、GM・NI 及び NGM・NI それぞれについて、注視持続時間の頻度分布を算出した結果を図 7 に示す。興味コンテンツ注視時 (GM・I と NGM・I)、及び非興味コンテンツ注視時 (GM・NI と NGM・NI) のそれぞれにおいて、Gaze Mirroring 有りの条件の方が Gaze Mirroring 無しの条件より、長期の注視持続時間の頻度が増大する傾向にあることがわかる。それぞれの分布は非正規分布でありかつ不等分散であることが各図より確認できるため、ここでは Gaze Mirroring 有りと無しの分布が異なる中央値を持つという対立仮説を設定し、中央値検定⁹を適用する。興味コンテンツ注視時において、GM・I の注視持続時間の中央値は 4172 msec、NGM・I は 3510 msec であり、有意水準 5 % で有意差が認められた ($p=0.0118$)。一方、非興味コンテンツ注視時においては、GM・NI の注視持続時間の中央値は 4040 msec、NGM・NI は 3514 msec であり、有意差は認められなかった ($p=0.0713$)。

次に、Gaze Mirroring を行うことで、行わない場合より興味コンテンツに対する注視持続時間が増加した要因を分析する。各コンテンツは、文章と画像という異なる性質を持つ視覚情報で構成されたため、文章提示領域に向けられた注視行動と画像提示領域に向けられた注視行動を分けて分析を行う。図 8 に興味コンテンツ内における文章領域への注視の持続時間の頻度分布を示す。コンテンツ領域全体への注視持続時間での分析と同様に、興味コンテンツ内における文章、画像各領域への注視持続時間を統計量として中央値検定を行った。文章領域注視時において、GM・I の注視持続時間の中央値は 1547 msec、NGM・I は 1079 msec であ

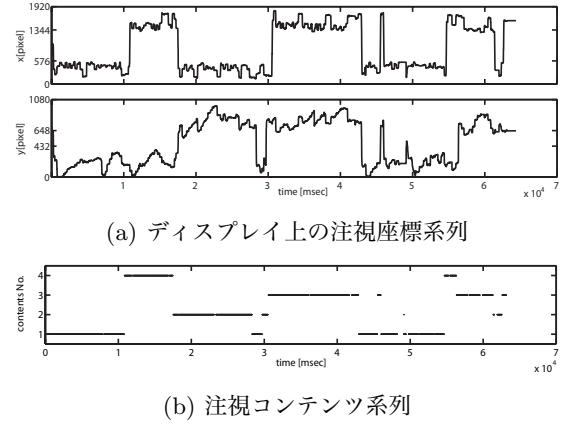


図 6 視線計測モジュールによって得られた注視座標系列と注視コンテンツ系列の例
Fig. 6 Examples of gaze data obtained by the eye tracking module.

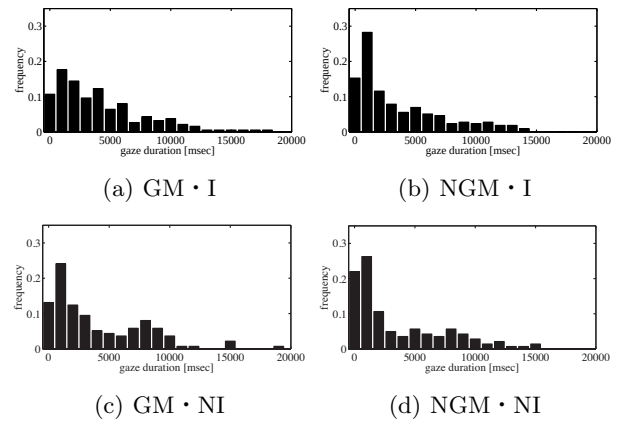


図 7 コンテンツへの注視持続時間の頻度分布
Fig. 7 Frequency of gaze duration.

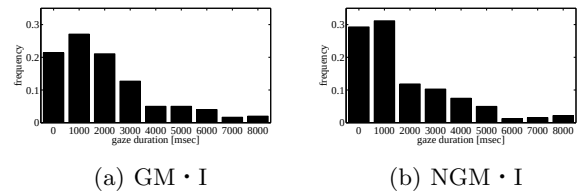


図 8 文章領域への注視持続時間の頻度分布
Fig. 8 Frequency of gaze duration in text regions.

り、有意水準 1 % で有意差が認められた ($p=0.0060$)。一方、画像領域注視時においては、GM・NI の注視持続時間の中央値は 415 msec、NGM・NI は 438 msec であり、有意差は認められなかった ($p=0.7072$)。これにより、Gaze Mirroring によって興味コンテンツに対する注視持続時間が長くなることの一要因を示唆する結果が得られた。

4.2 考察

Gaze Mirroring を行うことで、行わない場合より興味コンテンツに対する注視持続時間が増加し、2.3 節

8: 具体的には、300msec 以下の欠損かつ前後で同じコンテンツを注視している場合、瞬きもしくは測定不良によるデータの欠損とみなす。

9: ここでは Gaze Mirroring 有/無各条件における注視持続時間を統計量とし、マンホイットニーの U 検定を用いた。

で設定した仮説を支持する結果が得られたと言える。さらに興味コンテンツに対する注視行動をより詳細に分析したところ、文章領域への注視持続時間が有意に増大し、画像領域への注視持続時間には有意差はみられなかった。これに関して、画像情報は事前評価フェーズで既に提示された既知情報であることに對し、文章情報は事前評価フェーズでは提示されず選択フェーズにおいて初めて提示される未知情報であるということから、Gaze Mirroring によって未知情報への積極的な情報獲得が促されていると考えられる。

Gaze Mirroring は興味コンテンツへの注視持続時間を引き延ばすことがわかったが、これによりユーザがコンテンツを選択するために費やす時間を引き延ばしていることも考えられる。そこで選択フェーズにおける各コンテンツに対する累積注視時間を計測し、Gaze Mirroring を行った条件と行わなかった条件でその分布間に対して中央値検定を行った。その結果、前者の中央値は7626msec、後者は8102msecであり、有意差は認められなかった ($p=0.7696$)。したがって、Gaze Mirroring はユーザが選択行動に費やす時間を引き延ばすことなく、興味がある対象への注視の持続時間を引き延ばすと考えられる。

また、事後評価フェーズにおいて実施した印象評価では、一部の被験者から「自分の興味や好みがエージェントから実感できた」、「自分が悩んでいるコンテンツを意識した」などの評価が得られた。これは2.3節で述べたバイオフィードバックと関連させると、Gaze Mirroring が被験者の注視行動を視覚刺激としてフィードバックを返すことで、被験者が自身の注視行動及び興味の気づきを得た可能性を示唆している。

5. むすび

本研究では、システムが注視模倣を行う Gaze Mirroring を提案し、ユーザの注視行動に与える効果を検証することを目的とした。具体的には、ディスプレイに提示された複数情報をユーザが閲覧し選択するという状況を設定し、Gaze Mirroring によって興味対象への注視の持続時間が長くなる、という仮説を立て、被験者実験によってこれを支持する結果を得た。

今後は、本研究で得られた知見を生かして、Gaze Mirroring 効果の心的、認知的要因について議論を深化させるとともに、さまざまな分野で注目されている模倣行動に対して重要な知見を得たいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 18049046 及び 23700168 の補助を受けて行った。

参考文献

- [1] J. N. Bailenson and N. Yee. Digital chameleons. *Psychological science*, Vol. 16, No. 10, pp. 814–919, 2005.
- [2] B. Brandherm, H. Prendinger, and M. Ishizuka. Interest estimation based on dynamic bayesian networks for visual attentive presentation agents. *Proc. of 9th Intl. Conf. on Multimodal Interface*, pp. 346–349, 2007.
- [3] T. L. Chartrand and J. A. Bargh. The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction. *Journal of Personality and social Psychology*, Vol. 76, No. 6, pp. 893–910, 1999.
- [4] N. J. Emery. The eyes have it: The neuroethology, function, and evolution of social gaze. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, Vol. 24, pp. 581–604, 2000.
- [5] H. Ichikawa and J. Makino. Function of congruent facial responses to smiling and frowning. *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 105, pp. 838–851, 2007.
- [6] Y. Ikemi and A. Ikemi. An oriental point of view in psychosomatic medicine. *Psychother Psychosom*, Vol. 45, pp. 118–126, 1986.
- [7] Y.I Nakano and R. Ishii. Estimating user's engagement from eye-gaze behaviors in human-agent convasations. In *2010 International Conference on Intelligent User Interfaces*.
- [8] P. Qvarfordt and S. Zhai. Conversing with the user based on eye-gaze patterns. In *Proceedings of SIGCHI Conference on Human-Factors in Computing Systems*, pp. 221–230, 2005.
- [9] S. Sakurazawa, N. Yoshida, N. Munekata, Y. Tsukahara, and H. Matsubara. Entertainment feature of the computer game using a skin conductance response. In *Proceedings of SIGCHI Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 181–186, 2004.
- [10] M. Shimada, Y. Yamauchi, T. Minato, H. Ishiguro, and S. Itakura. Studying the influence of the chameleon effect on humans using an android. In *16th IEEE/RSJ 2008 International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 767–772, 2008.
- [11] 河原達也, 川嶋宏彰, 平山高嗣, 松山隆司. 対話を通じてユーザの意図・興味を探り情報検索・提示する情報コンシェルジェ. *情報処理*, Vol. 49, No. 8, pp. 912–918, 2008.
- [12] 神原憲治, 伴郁美, 福永幹彦, 中井吉英. 身体感覚の気づきへのプロセスとバイオフィードバック. *バイオフィードバック研究*, Vol. 35, No. 1, pp. 20–25, 2008.
- [13] 池田光男. 眼は何を見ているか. 平凡社, 1988.
- [14] 長沢伸也, 森口健生. アイカメラによる視線から興味度を推定する可能性: 眼球運動の専門家へのインタビューを通して. *社会システム研究*, Vol. 5, pp. 73–93, 2002.
- [15] 明和政子. 模倣はいかに進化してきたのか? —比較認知科学からのアプローチ—. *バイオメカニズム学会誌*, Vol. 29, No. 1, pp. 9–13, 2005.
- [16] 米澤朋子, 山添大丈, 内海章, 安部伸治. 視線コミュニケーションのためのぬいぐるみの視線行動の設計と分析. *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J92-D, No. 1, pp. 81–92, 2009.
- [17] 國吉康夫. ロボット模倣の創発・発達の構成論にむけて. *バイオメカニズム学会誌*, Vol. 29, No. 1, pp. 20–25, 2005.