

ヒト型シルエットと身体パーツで表現された 身体化エージェントの存在感がユーザに与える影響： 皮膚コンダクタンス反応測定による検討

鈴木 聡^{1,a)} 岡部 哲也¹ 齋藤 涼¹ 小方 博之¹

概要：人間は作業の遂行において、他者の存在感の影響を受ける。たとえその存在感が情報通信技術を介したもので同様に影響が現れることも知られており、それはアニメーションを伴う CG キャラクタである身体化エージェントが呈示された場合でも同様である。本研究では、シルエットと身体パーツで表現された身体化エージェントがユーザの周辺視野に呈示された場合のユーザの作業遂行への影響を検討する。先行研究において、このように呈示された身体化エージェントにユーザが気づいていないと報告していてもユーザの作業遂行に影響が現れることが示唆されたが、気づきのないユーザに対する影響の現れ方がユーザの言語報告からのみでは未解明の点がある。そこで、皮膚コンダクタンス反応（SCR）の測定を行いながら同様の実験を行い、SCR の反応量の違いと作業遂行の関係から身体化エージェントの存在感がユーザに与える影響を検討し、SCR の反応量の大きさと作業遂行や作業への印象への影響に関する可能性が示唆された。

1. はじめに

ユーザとコンピュータの社会的・身体的インタラクションについて、近年技術的な可能性とそのユーザへの影響について検討されている。特にヒト型の身体を持ち、アニメーションを伴う CG キャラクタである身体化エージェント（以下エージェントと略）に対し、ユーザは社会的・身体的に応答することがこれまで多くの研究により示唆されている [4], [25], [30], [32]。その一方で、インタラクションを伴わないが、ユーザが意識的に気づきにくいレベルでエージェントを呈示することの影響についても検討の余地があると考えられる。人間は環境からの刺激を受け、無意識下で影響を受けて態度や意思決定、行動の変容が起こることが実験社会心理学などの知見で示されており [2], [27], エージェントも含めたヒューマンコンピュータインタラクションの中にもそのような影響を踏まえたシステム設計が必要である点も指摘されている [18]。

以上を踏まえ、鈴木ほか [31] はこれまでヒト型シルエットと身体パーツで表現されたエージェントをユーザの周辺視野に呈示した場合のユーザの作業遂行の影響について実

験により検討してきた。その結果、ユーザのエージェントの呈示に対する気づきの有無の影響も多少みられたが、ヒト型シルエットと身体パーツで表現されたエージェントが呈示される条件の参加者は、ヒト型シルエットのみのエージェントや長方形が呈示される条件の参加者より作業遂行が悪化した。特に、エージェントの呈示に気づかなかった参加者にもエージェントの影響が現れた点が重要である。鈴木ほか [31] はエージェントの呈示への気づきについて参加者が質問紙に自由記述で回答し、その回答内容から気づきの有無を判断する形をとったが、何かしらの呈示に対する違和感があったものの、その違和感について言語化が行えず、気づきの表現ができなかった参加者も存在した可能性がある。このような問題に対処すべく、周辺視野へのエージェントの呈示の影響を参加者の自己申告ではなく、参加者の生理反応から判断する方法をとり、改めてエージェントの影響について検討することが本研究の目的である。

人間の生理反応をもとにした人間の内部状態の推定や、その推定をユーザやシステムにフィードバックする形でのヒューマンコンピュータインタラクションへの応用といった研究の試みは生理心理学ですでに存在する。このような生理反応の具体例としては、脳活動、眼球運動、筋電、心拍、呼吸、血圧などが挙げられ、これらに基づき人間の内部状態を推測し、認知、社会行動、性格特性などのメカニ

¹ 成蹊大学 理工学部 システムデザイン学科
Seikei University, 3-3-1 Kichijoji-kitamachi Musashino
Tokyo 180-8633 Japan

^{a)} ssv@svslab.jp

ズムの解明を試みる研究も進んでいる [8], [15]. また, そのような生理反応をヒューマンコンピュータインタラクションやコンピュータを介した人間同士のインタラクションに組み込む試みも多数存在する ([21], [22] など) が, 本研究では生理心理学的な立場から, 周辺視野へのエージェントの呈示がユーザに与える影響について, ユーザの緊張感の大きさを反映する指標とされる皮膚コンダクタンス反応 (skin conductance response: SCR) [8], [15] をもとに検討し, その結果をもとに作業遂行を促進するエージェント設計の指針を得ることを試みた.

2. 関連研究

2.1 情報通信機器がユーザに与える存在感・被視感の影響

主にユーザを見守ったり監視したりすることを目的とした情報通信機器については, そのユーザへの影響や倫理的問題点について議論が続いている. たとえば離れた場所で暮らす相手とのコミュニケーションのメディアとして, 緊急通報システム [19] やテレビ電話などは, 見守られている側にとってはプライバシーを侵害され, 終始監視されているような不快感を生むと指摘されている. このような不快感を避ける試みとして, 存在感の表現を抽象化する手法がウェアラブル支援の研究でよくみられる. たとえば遠隔地同士で単純な図形の動きなどで抽象的に表現された他者の行動を視覚化して共有する試み, [3], [13] や, 遠隔地同士で動きなどを同期させた日用品 (鉢植えやごみ箱など) を設置するなど, 極力互いのプライバシーを侵害しないように遠隔地の他者の存在をさりげなく示そうとする研究 [9], [14], [33] が該当する. 本研究はこの考え方をエージェント設計に応用し, ヒト型シルエットと身体パーツというかろうじてヒトと認識可能なレベルの視覚表現によるエージェントを, ユーザとのインタラクションを伴わない形でユーザの周辺視野に呈示することによるユーザの作業遂行への影響を検討した.

また, 情報機器の違いによる被視感の影響の大きさの変化を実験室実験により検討した研究も多数存在する. 電源ランプや顔写真の呈示 [17], ビデオカメラや他者のリアルタイム動画映像の呈示 [12] によるユーザの感じる被視感 (「見られている感」) を検討した研究がこれに該当する. ただし, これらの研究では主観的な被視感の影響を質問紙で測定するのみにとどまり, 作業の遂行への直接の影響を検討するに至っていない. しかしながら, 他者の外観や社会的役割以外にも, 情報機器が絡む状況下ではメディアの表現の違いによる被視感の影響が現れうることを指摘した研究であり, 本研究ではこの点も考慮に入れて実験による検討を行った.

2.2 エージェントの機微の表現がユーザに与える影響

本研究ではヒト型シルエットに身体パーツを重畳して顔方向・身体方向を示したエージェントについて検討する. ここで, ヒト型シルエットというシンプルな外観のエージェントに着目した上で, 身体パーツの有無の差というわずかな外観の違いについて検討する点に注意が必要である. ユーザインタフェースにおける人間らしさの表現がユーザフレンドリーさを誘発する上で長らく重視されてきた (たとえば Sproull et al. [28] など). しかしその表現の中で, 人間同士の相互作用において機微の表現 (subtle expression) が重要な役割を果たすと同様に, 人工物の機微の表現が人間との円滑な相互作用を促す可能性が近年指摘されている [11], [25], [29]. これを踏まえると, 抽象度が高くかろうじてヒトに近い存在として認識されうる視覚的手がかりとしてヒト型シルエットに着目した身体パーツの有無という機微の表現による差の検討は有意義と考えられる.

2.3 他者の存在感の作業遂行への影響: 社会的促進・社会的抑制

他者とともに同じ作業を行ったり, 他者に見られて作業に取り組んだりする場面で他者が作業遂行に与える影響について, 古くから様々な議論がある. Allport [1] は, 単純な作業を他者とともに取り組むと遂行がよくなるが, 逆に複雑な作業では悪化することを見だし, 前者を社会的促進, 後者を社会的抑制と呼んだ. Zajonc [36] は他者とともに同じ作業に取り組むどころか, ただ他者が存在するのみでも社会的促進・社会的抑制を誘発する傾向が, ゴキブリやニワトリといった生物にもみられることを示した. このように他の個体の存在が作業の遂行に影響を及ぼす現象はヒト以外の生物にもみられ [24], ヒトにおいても原初的な反応である. このように, 社会的促進・社会的抑制の枠組で他者の存在の影響を捉えることは重要といえる.

情報通信機器を介した他者の存在による社会的促進に着目した研究もすでに存在する. Sproull et al. [28] は, テキストで教示を与えるインタフェースとヒトの顔のエージェントが音声により教示を与えるインタフェースを実験により比較し, 後者の方が前者よりユーザの覚醒度を高め, 注意を惹くことを示し, その要因としてエージェントの存在による社会的促進が起こったためと説明している. ただし Sproull et al. [28] は前述の社会的促進・社会的抑制の研究にみられる, 課題の難易度がユーザの課題遂行に与える影響を検討していない. Jettmar and Nass [10] はコンピュータによる適応型テストでネットワーク越しに他者の監視下にあると教示した場合としない場合でテストの結果を比較し, テストの遂行に対する主観評価が高い参加者には社会的促進が, 低い参加者には社会的抑制の傾向が示された.

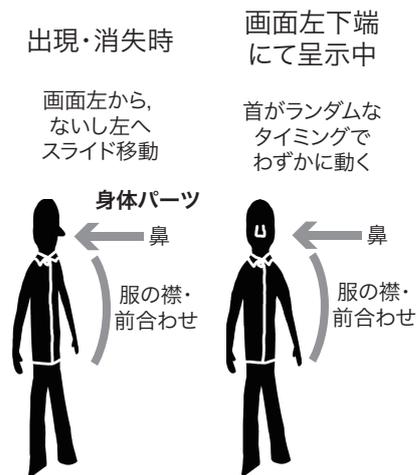


図 1 実験で呈示されたエージェント

Fig. 1 An embodied agent being displayed in the experiment.

こうした基礎研究を踏まえ、Fogg [4] の指摘通り、他者の身体や行動の仮想的なユーザへの呈示による、ユーザのモチベーション向上や態度・行動の変容の誘発の実用場面における試みは、今後重要になると考えられる。

2.4 ユーザの生理反応とエージェント

ユーザの生理反応をシステムにフィードバックし、エージェントの応答に生かす試みもすでに存在する。Prendinger et al. [23] は、SCR と筋電反応をもとに、ユーザのエージェントの応答に対する感情の推定を試みた。また、生理反応をシステムにフィードバックし、ゲームの結果に反映させる試みも多数みられる [16]。生理反応とユーザの内部状態が直接対応することは保証されていない点や、生理反応がユーザの様々な内部状態を反映している可能性を留意する必要があるが、本研究では前者の例のように、SCR をユーザの内部状態、とりわけ緊張の強さの推定に用いて、周辺視野に呈示されたエージェントに対する影響を検討した。

3. 実験方法

以上の議論を踏まえ、周辺視野に呈示されたエージェントがユーザの作業遂行や緊張感に与える影響について、鈴木ほか [31] の実験を踏まえ検討した。

3.1 参加者

大学生 15 名 (女性 2 名, 男性 13 名, 平均年齢 20.47 歳 [$SD = 1.36$]) が実験に参加した。参加者には謝礼としてクオカード 500 円分が支払われた。

3.2 実験で呈示されたエージェント

本実験で呈示されたエージェントは鈴木ほか [31] の実験においても登場したシルエット・身体パーツエージェントである。鈴木ほか [31] の実験ではこのエージェントから身体パーツを取り除いたもの、そして身体パーツを取り除い



図 2 実験室の構成

Fig. 2 Configuration of the laboratory.

たエージェントと同じ高さ・面積の長方形が比較対象とされたが、全体として参加者の作業遂行は悪化した。呈示時には改善したシルエット・身体パーツエージェントが本実験では呈示された。エージェントは出現・消失時と呈示中で身体方向を変化させ、呈示中はわずかな首の動きのアニメーションを伴うようにし、エージェントの顔方向・上半身の方向を「鼻」と「服の襟・前合わせ」のパーツにより明示した。エージェントは図 2 に示すサブディスプレイの左下に横 80 ピクセル、縦 373 ピクセルのサイズで呈示された。

3.3 実験環境

図 2 に実験室の構成を示す。参加者はノート PC (ASUS ZENBOOK UX31A, 13.3 インチ, 解像度 1920 × 1080) 上で課題に取り組んだ。この際、周辺視野への情報呈示のユーザへの影響に関する先行研究 [5], [34] を踏襲し、エージェントないし長方形はノート PC から VGA 出力により接続されたサブディスプレイ (GeChic ON-LAP 1302, 13.3 インチ, 解像度 1366 × 768) 上で呈示された。なお、教示の際にはサブディスプレイに関する説明は一切行わず、サブディスプレイに関する質問も参加者からはなかった。エージェントないし長方形以外の影響を統制するため、実験者は教示や練習課題に取り組む間のみ立ち会い、それ以外の時間は別室で待機し質問や実験終了の通知はインターホン (DX アンテナ DELCATEC スマートホン HC-15-B) で受ける形とした。本実験における課題は数字の計算を要するため、筆記用具 (ボールペンとメモ用紙) が用意され、参加者は自由に使用できるようにした。

参加者の左手の人差し指・薬指には SCR 測定装置 (ADInstruments UFI2701) の電極が装着され、SCR のデータはデータ収集ユニット (日本光電 WEB-1000/QP-700) によって収集された。サンプリングレートは 1 MHz であった。鈴木ほか [31] の実験と異なりこれにより片手がふさがれる点を考慮し、課題への回答の際の数値入力にノート PC に USB で接続されたテンキー (Buffalo BSTKH03)

を用いることができるようにした。

3.4 手順

本実験は成蹊大学研究倫理委員会における審査を経て実施された。まず、参加者は本実験が「数的推理能力測定実験」であると告げられた。そして同意書に署名後、以下に示す手順で課題に取り組んだ。手順の流れを図3に示す。

本実験では難易度を統制し、かつ定量的に作業遂行を測定できる課題として Hill [6], [7] の「合わせ算」を採用した。参加者は練習課題1問、本課題5問を解いた。このうち本課題5問は事前に学部生・大学教員8名による予備実験で、課題回答時間に有意な差が現れた易しい問題3問、難しい問題2問を採用し、練習課題は図4に示した易しい問題と同等の難易度のもの1問を採用した。鈴木ほか [31] の実験と異なり、エージェントの呈示による参加者内での緊張度の差を検討するため、本課題5問は易問題、難問題、易問題、難問題、易問題の順に出題され、エージェントの呈示は3問目、4問目の出題時に行う形で固定した。課題の教示は事前に録音した音声とノートPCに呈示された図4により行われ、その後参加者は問題を実際に解いて課題の進め方を確認し、参加者から質問があれば実験者は極力その場で受けるようにした。

練習課題に入る前に SCR 測定用の電極が参加者の左手に装着され、SCR のデータの極端な変動がないことを確認した上で、実験者が退室してから参加者は本課題に取り組んだ。なお、エージェントが呈示されない間、サブディスプレイは白い背景のみが呈示され、エージェントが呈示されている間もサブディスプレイ上では課題解決のヒントなどの課題に関する情報は一切呈示されなかった。課題の回答の制限時間は8分と参加者には告げられ、時間内に正解できなかった場合は自動的に課題を打ち切り、回答時間を8分として結果の分析を行った。各課題が解けた、ないし打ち切られた後、エージェントがサブディスプレイが表示されている場合は自動的に消え、参加者はノートPC上で「いま解いた課題について、あなたの主観でどの程度難しいと感じましたか」と訊ね、画面上のフォームを用いて7件法(1:非常に簡単-7:非常に難しい)で回答した。

合わせ算課題やエージェントの呈示の制御を行うソフトウェアは Adobe Flash CS6 (ActionScript 3.0) により作成され、Microsoft Internet Explorer 9 と Adobe Flash Player 12 を用いて実行した、そして ActionScript から同じノートPC内で起動した Web サーバ (Apache 2.2.25) 上の Ruby 1.9.3 で実行した CGI を呼び出し、回答時間や難易度の評定値を CSV ファイルに記録した。

本課題5問を終えてから、参加者はインターホンで実験者に実験終了を知らせ、SCR 測定用の電極を取り外し、実験室を退室し、別室で質問紙に回答した。質問紙は鈴木ほ

表 1 SCR 比とエージェントへの気づきの有無の関係

Table 1 Relation between SCR ratio and awareness of the agent

	気づきあり	気づきなし
高 SCR 比群	5 名	2 名
低 SCR 比群	2 名	5 名

か [31] の実験と同様、日本語版 (大学生用) [26] の状態不安尺度の質問 (20 項目, 4 件法 [1:全くそうでない-4:全くそうである]), Jettmar and Nass [10] の質問項目を踏まえた課題の印象に関する質問 (4 項目 [好きになった, 今後役に立ちそう, 知的だと思った, 面白かった], 7 件法 [1:まったくそう思わない-7:非常にそう思う]), 自由記述の質問 (実験の意図, 事前に合わせ算課題を解いた経験の有無, サブディスプレイに映っていたもの, その他意見・感想の 4 項目) からなるものであった。以上の課題に要した時間は 30~40 分程度であった。

4. 実験結果

4.1 SCR データの扱い方

SCR のデータについては、本課題開始時に課題開始のボタンクリックと SCR 測定装置上の測定開始のプロープのボタン押下のタイミングを手動で合わせた上で、ノートPC上で記録された各課題の開始時刻・終了時刻を照合しながら各課題ごとに SCR の変動のデータを切り出し、CSV 形式で生成されたデータから SCR の正の値の積分値 S を計算した。そして、エージェントの呈示の有無によるこの積分値の比 S_r を以下の式で算出した。

$$S_r = \frac{S_{\text{課題 3}} + S_{\text{課題 4}}}{S_{\text{課題 1}} + S_{\text{課題 2}}}$$

この S_r の値の大小で参加者を 2 群に分けた。 S_r の中央値を境に、中央値より大きい値の参加者を高 SCR 比群、小さい値の参加者を低 SCR 比群 (各 7 名) とし、中央値ちょうどの参加者 1 名を分析から除外した。そして高 SCR 比群、低 SCR 比群との間で、各課題の回答時間と難易度評定値、および質問紙の状態不安尺度と課題の印象に関する評定の値の比較を行った。

4.2 SCR 比とエージェントへの気づきの有無の関係

SCR 比と気づきの有無の関係について表 1 にまとめる。なお、気づきの有無は鈴木ほか [31] の実験にならい、質問紙の自由記述の回答のうち、サブディスプレイに映っていたものについて SBPA 群・SA 群に関しては「人」ないし「影」という語やエージェントの絵を含む回答をした参加者、R 群に関しては「棒」ないし長方形の絵を含む回答をした参加者を「気づきあり」、サブディスプレイに映っていたものについて具体的な言及がなく、何も映っていなかつ

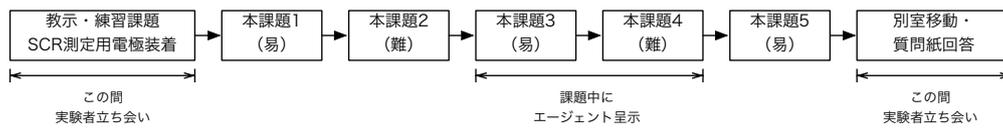


図 3 実験手順の流れ

Fig. 3 Flow of the experiment.

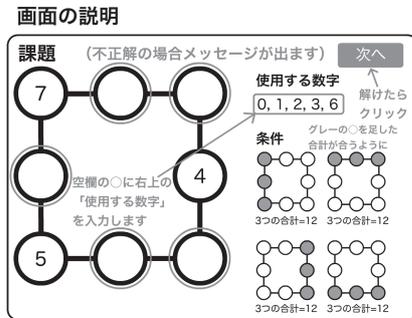


図 4 合わせ算 [6], [7]

Fig. 4 The “Same Sum” number puzzle [6], [7].

たという主旨の回答をしていた参加者を「気づきなし」と判断した。このように、SCR 比が高ければ内省報告のレベルでもエージェントの存在について報告する傾向がみられる (Cramer の連関係数 .28)。

4.3 課題回答時間・難易度評定値

表 2 に各課題の課題回答時間および難易度評定値の平均と標準偏差を示す。いずれも若干高 SCR 比群の方が低 SCR 比群と比べて全体的に高い値になっていることが読み取れる。これらの平均の差についてそれぞれ実験群を参加者間要因、各課題を参加者内要因の混合計画による 2 要因分散分析によって検討したが、実験群の主効果 (回答時間 $F(1, 12) = 2.55, p = .14, \eta_p^2 = .175$; 難易度評定値 $F(1, 12) = 0.57, p = .47, \eta_p^2 = .045$)、および交互作用 (回答時間 $F(4, 48) = 0.74, p = .57, \eta_p^2 = .058$; 難易度評定値 $F(1, 12) = 1.69, p = .17, \eta_p^2 = .123$) は有意でなかった。

4.4 状態不安尺度・課題の印象に関する評定値

状態不安尺度の回答については、高 SCR 比群 ($M = 1.85, SD = 0.36$) の方が低 SCR 比群 ($M = 1.60, SD = 0.34$) と比べ高い値となったが、 t 検定 (Welch の方法) の結果、両者の平均の差は有意ではなかった ($t(11.19) = 1.71, p = .12, d = 0.913$)。課題の印象に関する評定についても高 SCR 比群 ($M = 5.46, SD = 0.88$) の方が低 SCR 比群 ($M = 4.64, SD = 0.79$) と比べ高い値となり、こちらは t 検定 (Welch の方法) の結果、両者の平均の差は 10% 水準で有意傾向であった ($t(11.85) = 1.84, p = .09, d = 0.981$)。

5. 考察

本研究では鈴木ほか [31] の実験とは異なる視点で周辺視野に呈示されたエージェントの影響を検討するため、SCR のデータを基準にユーザが無自覚な、ないし自覚はあるものの言語化が困難な状況におけるエージェントからの影響について検討した。ここで、本研究では SCR の値をもとに独立変数を定める形で扱っているが、エージェントの呈示の有無による影響の大小を知るには、適切なベースラインとなる課題を設けた上で、4.1 節で説明した SCR の正の積分値をエージェントの呈示の有無で比較するような実験手順の見直しも必要と考える。

本実験では $N = 14$ と分析対象の人数が少なく定量的な議論が困難な面もあるが、それでも効果量の面から議論すると、課題回答時間の実験群の主効果の効果量は $\eta_p^2 = .175$ 、状態不安尺度の t 検定の効果量は $d = .913$ とそれぞれ大きく [20]、標本サイズ次第では十分有意な差が示される可能性がある。前述のように実験手順の根本的な見直しが必要な面もあるが、分析対象の人数を増やしての議論が必要な段階にある実験であるともいえる。

また、分析対象の人数は少ないながら、課題の印象に関する評定については高 SCR 比群の方が低 SCR 比群より有意に大きな傾向があることが示された。効果量も $d = 0.981$ と大きく、こちらも標本サイズ次第で有意な差が示される可能性がある。有意傾向である点に留意する必要があるが、エージェントの呈示により強く緊張を感じるユーザの方が、課題を好意的に捉える傾向があることが示唆される。鈴木ほか [31] の実験では状態不安尺度や課題の印象の評定といった質問紙の指標については気づきの有無やサブディスプレイの呈示内容による差がまったく現れなかったが、SCR を基準として捉え直した場合に差が現れたのである。一般に質問紙のような主観的な指標の方が実験参加者の無自覚な行動も含まれる行動指標よりエージェントの影響を受けやすいことが定量的に示されている [35] が、本研究はこの流れに沿ったものであり、主観的な指標で差が示されず行動指標で差の現れた鈴木ほか [31] の実験の方が珍しい研究事例といえる。

今後の課題であるが、もし分析対象の人数を増やして本実験と同傾向の結果が有意に示された場合、エージェントの呈示により緊張を感じるユーザは、作業遂行が悪化した

表 2 課題回答時間 (秒)・難易度評定値の平均 (括弧内は標準偏差)
Table 2 Mean of problem solving time (seconds) and subjective difficulty evaluation of the problems (SD in parentheses)

	本課題 1	本課題 2	本課題 3	本課題 4	本課題 5
課題回答時間					
高 SCR 比群	110.0 (57.5)	194.0 (137.7)	78.3 (17.9)	160.3 (39.7)	80.4 (37.4)
低 SCR 比群	102.6 (40.6)	122.4 (57.4)	82.0 (34.7)	137.4 (81.0)	65.6 (30.8)
難易度評定値					
高 SCR 比群	3.00 (1.41)	3.57 (1.05)	4.00 (1.31)	5.00 (1.20)	3.57 (1.59)
低 SCR 比群	2.86 (1.64)	3.86 (1.72)	4.71 (1.91)	4.00 (1.51)	1.85 (0.83)

り不安を強く感じたりするが、作業の印象は好意的になるという結果が予想される。このようなトレードオフのような状況を脱却し、いかに作業遂行を向上させながら作業の経験の印象を高められる環境をエージェントの設計を通じて構築できるかが課題となる。また、このような結果は実験室実験のような短いタイムスパンの中だからみられる傾向である可能性もある。実験室外のフィールドで実験を行う環境を整え、よりタイムスパンの長さや環境の変化にロバストな形でポジティブな影響をもたらすエージェント設計を検討することも重要といえる。

また、本研究ではユーザの行動や生理反応を含めたフィードバックをエージェント側に組み込まなかった。システムやエージェントとの相互作用が重要な役割を果たすことはすでに 1 節, 2.4 節でも議論した通りである。ただ、自身の応答に応じてエージェントの動作が変わることでユーザがエージェントの存在に気づきやすくなる可能性も考えられる。この点にも留意しながら、エージェントの設計を行う必要がある。

6. まとめ

本研究では、呈示に気づかないにもかかわらず周辺視野に呈示されたエージェントの影響をユーザが受ける要因を解明するため、生理反応、とりわけ皮膚コンダクタンス反応の観点からユーザへの影響を再検討した。分析対象の参加者数の少なさや実験手順の設定上の問題から統計的な有意性の議論が不十分な面もあったものの、エージェントの呈示への気づきがなくともユーザがエージェントの影響を受ける可能性が示唆された。今後環境の変化や長期間の影響といった観点から、ユーザの意識しない環境下で態度・行動を変えるエージェント設計を模索することが重要といえる。

謝辞 本研究の推進にあたり、科学研究費補助金基盤研究 (C)(24500327, 25350355)、および成蹊大学理工学部特別研究費の補助を受けた。そして実験の実施にあたり笹島康明さんの協力を得た。ここに感謝の意を示す。

参考文献

- [1] Allport, F. H.: The Influence of the Group Upon Association and Thought, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 3, No. 3, pp. 159–182 (1920).
- [2] Bargh, J. A.(ed.): *Social psychology and the unconscious: The automaticity of higher mental processes*, Psychology Press, New York, NY, USA (2007). 及川昌典, 木村 晴, 北村英哉 (編訳), 無意識と社会心理学: 高次心理過程の自動性, ナカニシヤ出版, 京都 (2009).
- [3] Erickson, T., Halverson, C., Kellogg, W. A., Laff, M. and Wolf, T.: Social Translucence: Designing Social Infrastructures That Make Collective Activity Visible, *Communications of the ACM*, Vol. 45, No. 4, pp. 40–44 (online), DOI: 10.1145/505248.505270 (2002).
- [4] Fogg, B. J.: *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA (2003).
- [5] Fukuda, H., Suzuki, H. and Yamada, A.: Automatic facilitation of social behavior by implicit inferring of social intention, *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012)*, Sapporo, Japan, p. 2672 (2012).
- [6] Hill, J. D., かみふじこうじ (訳) : ポケット算楽 1 初級篇, ソフトバンククリエイティブ, 東京 (2012).
- [7] Hill, J. D., かみふじこうじ (訳) : ポケット算楽 1 上級篇, ソフトバンククリエイティブ, 東京 (2012).
- [8] 堀 忠雄: 生理心理学: 人間の行動を生理指標で測る, 培風館, 東京 (2008).
- [9] Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B. and Yarin, P.: ambientROOM: Integrating Ambient Media with Architectural Space, *CHI 98 Conference Summary on Human Factors in Computing Systems*, Los Angeles, CA, USA, pp. 173–174 (online), DOI: 10.1145/286498.286652 (1998).
- [10] Jettmar, E. and Nass, C.: Adaptive Testing: Effects on User Performance, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02)*, Minneapolis, MN, USA, pp. 129–134 (online), DOI: 10.1145/503376.503400 (2002).
- [11] 小松孝徳, 山田誠二, 小林一樹, 船越孝太郎, 中野幹生: Artificial Subtle Expressions: エージェントの内部状態を直感的に伝達する手法の提案, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 733–741 (オンライン), DOI: 10.1527/tjsai.25.733 (2010).
- [12] 松井 淳, 山本景子, 倉本 到, 辻野嘉宏: あなたは見られている: 分散環境下におけるアウェアネス情報の取得とプライバシー維持の両立, 情報処理学会インタラクシオン 2013 論文集, pp. 48–55 (2013).
- [13] McDonald, D. W., Gokhman, S. and Zachry, M.: Building for Social Translucence: A Domain Analysis and Pro-

- prototype System, *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '12)*, Seattle, WA, USA, pp. 637–646 (online), DOI: 10.1145/2145204.2145301 (2012).
- [14] 宮島麻美, 伊藤良浩, 渡邊琢美: バックグラウンドコミュニケーションをベースとした新しい見守りサービス, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-I, No. 12, pp. 1785–1794 (2005).
- [15] 宮田 洋 (監修), 藤澤 清, 柿木昇治, 山崎勝男 (編): 生理心理学の基礎, 北大路書房, 京都 (1998).
- [16] 棟方 渚, 小松孝徳, 松原 仁: ポジティブ・バイオフィードバックを利用したインタラクティブゲーム, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア科学会誌), Vol. 27, No. 2, pp. 62–67 (オンライン), DOI: 10.11309/jssst.27.2.62 (2010).
- [17] 中利和弘, 倉本 到, 辻野嘉宏, 水口 充: 分散環境におけるプライバシー侵害感低減のための「見られている感」提示手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, pp. 167–172 (2009).
- [18] Norman, D. A., Ortony, A. and Russell, D. M.: Affect and machine design: Lessons for the development of autonomous machines, *IBM Systems Journal*, Vol. 42, No. 1, pp. 38–44 (2003).
- [19] 緒方啓史, 原田悦子, 下夷美幸, 南部美砂子, 赤津裕子, 谷上 望: ユーザの視点から見た緊急通報システム: 在宅ケア情報システムの使いやすさに関する認知科学的検討, 認知科学, Vol. 10, No. 3, pp. 353–369 (オンライン), DOI: 10.11225/jcss.10.353 (2003).
- [20] 大久保街亜, 岡田謙介: 伝えるための心理統計: 効果量・信頼区間・検定力, 勁草書房, 東京 (2012).
- [21] Pentland, A. S. and Heibeck, T.: *Honest signals: how they shape our world*, MIT Press, Cambridge, MA, USA (2008). 安西 祐一郎 (監訳), 柴田 裕之 (訳) 2013 正直シグナル: 非言語コミュニケーションの科学 みすず書房, 東京.
- [22] Picard, R. W.: *Affective computing*, MIT Press, Cambridge, MA, USA (1997).
- [23] Prendinger, H., Becker, C. and Ishizuka, M.: A Study in Users' Physiological Response to an Empathic Interface Agent, *International Journal of Humanoid Robotics*, Vol. 3, No. 3, pp. 371–391 (2006).
- [24] Rajcecki, D. W.: Zajonc, Cockroaches, and Chickens, c. 1965–1975: A Characterization and Contextualization, *Emotion Review*, Vol. 2, No. 4, pp. 320–328 (online), DOI: 10.1177/1754073910375477 (2010).
- [25] Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation: How people treat computers, television, and new media like real people and places*, Cambridge University Press, New York, NY, USA (1996).
- [26] 清水秀美, 今栄国晴: STATE-TRAIT ANXIETY INVENTORY の日本語版 (大学生用) の作成, 教育心理学研究, Vol. 29, No. 4, pp. 348–353 (1981).
- [27] 下條信輔: サブリミナル・インパクト: 情動と潜在認知の現代, 筑摩書房, 東京 (2008).
- [28] Sproull, L., Subramani, M., Kiesler, S., Walker, J. H. and Waters, K.: When the Interface Is a Face, *Human-Computer Interaction*, Vol. 11, No. 2, pp. 97–124 (online), DOI: 10.1207/s15327051hci1102.1 (1996).
- [29] Suzuki, N. and Bartneck, C.: Subtle Expressivity for Characters and Robots, *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Ft. Lauderdale, FL, USA, pp. 1064–1065 (online), DOI: 10.1145/765891.766150 (2003).
- [30] 鈴木 聡, 森島泰則, 中村美代子, 槻館尚武, 武田英明: 身体化エージェントの身体方向・登場位置がユーザに与える影響, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 20, No. 4, pp. 513–525 (オンライン), DOI: 10.3156/jsoft.20.513 (2008).
- [31] 鈴木 聡, 齋藤 涼, 岡部哲也, 小方博之: ヒト型シミュレーションで表現された身体化エージェントが誘発する社会的促進・社会的抑制, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2014 論文集, pp. 384–389 (2014).
- [32] Takeuchi, Y. and Watanabe, K.: Social Identification of Embodied Interactive Agent, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E88-D, No. 11, pp. 2517–2522 (2005).
- [33] 辻田 眸, 塚田浩二, 椎尾一郎: 遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品 “SyncDecor” の提案, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア科学会誌), Vol. 26, No. 1, pp. 25–37 (オンライン), DOI: 10.11309/jssst.26.1.25 (2009).
- [34] 山田 歩, 鈴木宏昭, 福田玄明: 潜在的な目標が課題達成に与える影響, 日本心理学会第 75 回大会発表論文集, p. 956 (2011).
- [35] Yee, N., Bailenson, J. N. and Rickertsen, K.: A Meta-Analysis of the Impact of the Inclusion and Realism of Human-Like Faces on User Experiences in Interfaces, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '07)*, San Jose, CA, USA, pp. 1–10 (online), DOI: 10.1145/1240624.1240626 (2007).
- [36] Zajonc, R. B.: Social Facilitation, *Science*, Vol. 149, pp. 269–274 (1965).