

自己客体視を誘発するエージェントを用いた 学習支援手法の基礎検討

池田 悠星¹ 松林 瞭¹ 土岐田 力輝² 呉 健朗¹ 市川 裕介^{3,a)} 宮田 章裕^{1,b)}

概要：

昨今、eラーニングの普及により、個別環境での学習機会が増加しているが、学習者が長時間集中力を維持することは困難であり、学習効果の低下が問題となっている。この問題に対し、システムが学習者の状態をセンシングして介入を行う学習支援手法が多く検討されてきた。本研究では、これらの手法を介入意図の明示性に基づき「顕在的介入手法」と「潜在的介入手法」に大別して整理する。しかし、これら手法は、「心理的リアクタンス」の回避と「自発的な行動是正」の確実性がトレードオフとなる問題を抱えている。そこで本研究では、この問題を解決するために、自己客体視理論に基づき、学習者の非集中状態を物理的に外在化する物理モニタエージェントを提案する。本エージェントにより、学習者の集中力低下に応じて「うたた寝」のようなだらけた挙動を示すことで、学習者に自己客体視を誘発させて、自発的に集中状態へ復帰させることを目指す。本稿では、作業媒体であるモニタ自体を物理的なエージェントとして用いる意義について述べるとともに、プロトタイプシステムの構成および制御実装、今後の展望について述べる。

1. はじめに

昨今、eラーニングの普及に伴い、自宅などの個別環境での学習が一般的となっている。こうした環境は、学習時間や場所を自由に選択できる利点が存在する一方で、学習者が集中力を長時間維持することは困難であり、学習効果の低下が問題となっている [1, 2, 3, 4].

このような問題に対して、HCI (Human-Computer Interaction) の分野では、システムが学習者の状態をセンシングし、集中力の低下を検知した際に、介入を行うことで集中力を持続させる学習支援手法が多く検討されてきた。本研究では、これらの学習支援手法を、システムからの介入意図を学習者に明確に認識させて集中させる「顕在的介入手法」と、システムからの介入意図を学習者に悟らせず無意識的に集中させる「潜在的介入手法」の2つに大別する。

これらの介入手法には、それぞれ次のような特性と問題点が存在する。顕在的介入手法は、行動是正の確実性が高い反面、学習者の自律性を障害し、外部からの制限に対して自由を回復しようとする心理的な働きである、心理的リ

アクタンス [5] を招くおそれがある。一方で、潜在的介入手法は、心理的リアクタンスが生じない反面、学習者が自己の非集中状態を認知できず、「自発的な行動是正」に至らない可能性がある。

これらの問題を解決するために、我々は、学習者の非集中状態に応じてだらけた挙動を示すエージェントを用いた学習支援手法を提案してきた [6]。本研究では、その具体的なエージェントとして、物理的に傾くことでうたた寝動作を表現する物理モニタエージェントを採用する。このエージェントを用いることにより、学習者の非集中状態を外在化し、自身の状態を客観的に認知できるようにする。その上で、自己客体視理論 [7] に基づき、学習者に理想自己（集中状態）と現実自己（非集中状態）とのギャップを認識させることで、そのギャップの解消に向けた自発的な集中状態への復帰を促す。

2. 関連研究

HCI の分野では、学習者の集中状態をセンシングし、集中力の維持や回復を支援するための様々な手法が提案されている。本研究では、これらの研究事例を、学習者がシステムによる介入に対して、自身の集中力を向上させる目的で行われているものであると明確に認識するか否かという観点から、「顕在的介入手法」と「潜在的介入手法」の2つに大別する。

¹ 日本大学文理学部

² 日本大学大学院総合基礎科学研究科

³ 埼玉大学教育機構

a) yichi@acm.org

b) miyata.akihiro@acm.org

2.1 顕在的介入手法

顕在的介入手法とは、システムが学習者を集中させるという意図を、学習者に対して明確に提示する手法である。この手法では、学習者がシステムから集中を促されていると明確に自覚するように、警告メッセージの提示やポップアップ通知などを用いる。これらを通じて、学習者に対して外発的動機付けを行い、システム側から強制的に注意を向けさせることで、学習者を集中状態へと誘導する。

Sethi ら [8] は、脳波センサを用いて学習者の集中度をリアルタイムに測定し、集中力の低下が検知された際に直接的なフィードバックを行うシステムを提案している。このシステムでは、学習者の注意レベルが閾値を下回った際に、画面上に「Your Attention is LOW!」という警告メッセージを提示する。この介入により、学習者の平均注意レベルが有意に向上し、読解タスクのテストスコアも改善されることを明らかにした。Xiao ら [9] は、スマートフォンのカメラを用いた脈拍計測 (PPG) によって学習者の不関与を検知した際に、学習トピックの切り替わりのタイミングで学習者に介入を行うシステム「C2F2」を開発した。この手法は、学習者に対して「Please Pay Attention!」というメッセージを提示することで、これから始まる講義内容へ意識を向けさせるものである。この介入により、学習習得度が平均で 20.2%、特に成績下位層では 41.6% 向上することを明らかにした。

2.2 潜在的介入手法

潜在的介入手法とは、システムが学習者を集中させるという意図を、学習者に明確には認識させない手法である。この手法では、学習者がシステムから集中を促されていると感じないように、環境要素の微細な変化や文脈に即した自然な対話を用いる。これらを通じて、学習者の無意識的な知覚プロセスや生理的な反応を利用して、学習者を集中状態へと誘導する。

D'Mello ら [10, 11] は、視線計測により学習者のマインドワンダリングを検知した際に、エージェントが「生徒の名前を呼ぶ」「講義内容について質問する」「内容を復唱する」といった教育的な対話を行うシステム「Gaze Tutor」を提案している。このシステムは、学習者の視線が教材から外れた際に、エージェントが授業の文脈に沿った自然な対話を行うことで、学習者を再び学習タスクへと誘導するものである。この介入により、学習者の注意が画面へ引き戻され、特に内容の深い理解を問う問題において、学習効果が向上することを明らかにした。Arakawa ら [12] は、ユーザの意識的な動機付けに依存せず、生理的な反射などの無意識のプロセスを利用して行動変容を促す「Mindless Attractor」を提案している。このシステムは、動画講義の音声ピッチや音量を、学習者が違和感を覚えない程度に微細に変化させることで、環境内の刺激の変化に対して生体

が即座にその方向へ注意を向ける反射的な生理現象である定位反応を誘発するものである。この介入により、学習者が無意識に注意を画面へ戻すことができ、システムによる介入意図を認識することなく、自然に行動変容を行えることを明らかにした。

3. 研究課題

2章で分類した介入手法は、「心理的リアクタンス」の回避と「自発的な行動是正」の確実性がトレードオフとなる問題を抱えている。まず、顕在的介入手法には、学習者がシステムから自身の行動を明示的に是正されることで、自己決定の自由の喪失につながるという欠点が存在する。これにより、外部からの制限に対して自由を回復しようとする心理的な働きである、心理的リアクタンス [5] が引き起こされるおそれがある。次に、潜在的介入手法には、学習者がシステムからの介入を自己の集中状態に起因したものと認識できず、自発的な行動是正につながりにくいという欠点が存在する。

そこで本研究では、システムからの介入による心理的リアクタンスを低減しつつ、学習者が自発的に集中状態へ復帰できるようにすることを研究課題とする。

4. 提案手法

4.1 非集中状態の外在化と理論的背景

3章で設定した研究課題を達成するためには、システムが学習者に対して一方的な指示を行うのではなく、自身の非集中状態を認知させた上で、内発的動機付けに基づいて行動変容を促す必要がある。しかし、集中という内面的な状態は、無自覚に推移する場合が多く、学習者が自身の集中力低下をリアルタイムかつ客観的に把握することは困難である。実際に、Schooler ら [13, 14] は、課題から注意が逸れているにも関わらず、その事実には自覚的でない状態（ゾーンアウト）が存在し、人間が自身の非集中状態を認知することには限界があると指摘している。したがって、学習者に自身の集中力低下を自覚させ、自発的な是正を可能にするためには、学習者の非集中状態を外在化し、自身の状態を客観的に認知できるようにする必要があると考えられる。

そこで本研究では、非集中状態の外在化によって学習者に行動変容を促すために、自己客体視（客体としての自己に注意が向けられた状態）によって生じる心理的な働きを説明する自己客体視理論 [7] に着目した。

本理論における心理的フローを次に示す。まず、鏡やカメラ、他者の視線といった外界からの刺激により、個人の注意が環境から自己へと向き、客体としての自己に注意が向けられた状態である「自己客体視」が引き起こされる。次に、この状態において、「現実自己（現在の自己の状態）」と「理想自己（あるべき状態や正しさの基準）」との比較が

行われる。このとき、両者の間のギャップが小さい、あるいは現実自己が基準を上回っていると認識された場合は、自己高揚感（正の感情）が生起される。対して、現実自己が基準に達しておらず、ギャップが大きいと認識された場合は、自己嫌悪感（負の感情）が生起される。負の感情が生じた後、個人はその不快な状態から脱するために、そのギャップを解消できる見込みがあるか否かを判断する。このとき、解消の見込みがあると判断された場合は、現実自己を理想自己に近づけようとする「基準への適合行動」が選択される。一方で、解消の見込みがないと判断された場合は、物理的あるいは精神的な逃避行動である「注意の転導」が選択される。

このように、本理論は、自己と基準との間にギャップが生じた際に、その解消に向けて「基準への適応行動」または「注意の転導」のいずれかが選択されるプロセスを示している。すなわち、自己客体視によって学習者に非集中状態を認知させることは、システムからの強制力を感じさせることなく、内発的動機付けによる行動是正を促すための有効な手段になり得ると考えられる。

4.2 提案手法の概要とインタラクションフロー

4.1 節の理論を応用する手法として、我々はこれまでに、学習者の非集中状態に応じてだらけた挙動を示すエージェントを用いた学習支援手法を提案してきた [6]。本手法の特徴は、システムから言語的な指摘や命令を行うのではなく、エージェントの「だらけた挙動」という非言語的な情報を用いて、学習者の非集中状態を外在化する点にある。

本手法の適用にあたって、あらかじめ学習者に対し、「エージェントの挙動は自身の集中状態と同期している」という前提条件を提示し、エージェントを自身の非集中状態を表す対象として定義付ける。この前提のもとで行われる、学習者とエージェントのインタラクションフローは次のとおりである。

(1) タスク遂行

学習者が集中して指定されたタスクに取り組んでいる状態であり、エージェントはだらけていない基準状態を維持し、学習者への介入は行わない。

(2) だらけた挙動

学習者の集中力低下に伴い、エージェントが「だらけた挙動」を開始する。これにより、学習者の非集中状態がエージェントを介して外在化される。

(3) 挙動の視認

学習者がエージェントのだらけた挙動に気づき、エージェントに注意（視線）を向ける。

(4) 基準状態への復帰

エージェントが学習者の注意を検知し、即座に基準状態へ復帰する。

(5) 集中状態への復帰

学習者が基準状態へ復帰するエージェントを視認することで、自発的に集中状態へ復帰する。

4.3 行動変容に至る理論的メカニズム

4.1 節で述べた自己客体視理論に基づき、4.2 節のインタラクションフローにおける「集中状態への復帰」が、どのように説明可能であるかを整理する。

(1) 自己客体視の誘発

学習者に自身の非集中状態を反映したエージェントの「だらけた挙動」を視認させることで、自身の非集中状態を認知させ、自己客体視を誘発させる。

(2) 負の感情の想起

学習者に非集中状態を「現実自己」、本来あるべき集中状態を「理想自己」と認識させることで、両者の間に大きなギャップが存在すると捉えさせる。この理想と現実の明確なギャップによって、学習者に現状を是正する動機となる「負の感情」を想起させる。

(3) 基準への適応行動の選択

学習者がエージェントに注意を向けると、エージェントは即座にだらけた挙動を中止し、基準状態である理想自己の姿を提示する。この経験から、学習者に非集中状態は対処可能な問題であると認識させ、ギャップ解消の見込みを持たせることにより、「注意の転導」を抑制し、自発的な集中状態への復帰である「基準への適応行動」を選択させる。

5. 実装：物理モニタエージェント

5.1 設計指針

4 章で述べた「自己客体視を誘発するエージェント」を実装するにあたり、本研究では PC 用ディスプレイ（以下、モニタ）自体を物理的なエージェントとして採用する。そして、同章で述べた「だらけた挙動」の実装として、モニタが物理的に前方へ傾く動作を繰り返すことで、生物学的な「うたた寝」を模した挙動を採用する。既存のロボットやアバター、あるいは鏡やビデオフィードバックのような具体的な見た目ではなく、学習環境の構成要素であるモニタという抽象的な見た目のエージェント、かつ「うたた寝」という挙動を採用した理由は、次の 3 つの設計指針と科学的知見に基づく。

5.1.1 外見的特徴の抽象化による心理的負荷の回避

自己客体視のトリガーとして、鏡やビデオフィードバックといった手法は一般的であるが、学習中において、学習者に対して常に自身の顔を直視させることは逆効果につながる可能性がある。Geller ら [15] は、鏡やカメラで自分の姿を見ることが、自己への過度な注意を引き起こし、課題遂行のパフォーマンスを低下させるリスクがあることを指

摘している。また、Tien ら [16] は、オンライン学習中の自己映像が、講義内容の定着率を有意に低下させることを明らかにしている。

一方で、ビデオ映像の代わりに、リアルな CG エージェントを用いる手法も考えられるが、これにも問題がある。Bakan ら [17] は、学習用バーチャルキャラクターのリアリティが学習効果に与える影響を調査し、過度に写実的なキャラクターは、外見が人間に近づくにつれて観察者からの好感度が急落する不気味の谷現象 [18] を引き起こし、学習者の読解テストのスコアを有意に低下させることを明らかにしている。

すなわち、生身の自己像であれ、写実的なエージェントであれ、具体的すぎる外見は学習におけるノイズとなり得るため、本手法ではこれらを用いない抽象的な表現を採用する。

5.1.2 作業媒体とエージェントの統合による注意資源の分散抑制

学習支援エージェントは、学習者がタスクに集中している間は、その注意を妨げない存在であることが望ましい。しかし、作業媒体であるモニタと独立しているロボットや、モニタ画面上のアバタなどは、学習対象と分離した情報源として学習者の視界に入り続ける。Mayer [19] は、このような学習の本質とは直接関係のない視覚情報が学習者の限られた注意資源を奪うことで、重要な情報の処理を妨害すると指摘している。すなわち、学習効果を最大化するためには、余計な情報（エージェントの存在感）はタスク遂行中において極力排除されるべきである。

対して、本手法の物理モニタエージェントは、学習者が集中している間は基準状態（モニタ画面を学習者に向けた状態）を維持する。この状態において、モニタは単なる「表示装置」として振る舞い、エージェントとしての独立した存在感を消すことで、学習者の注意の分散を防ぐことが可能となる。このように、本手法では、エージェントをモニタそのものに物理的に統合することで、「作業媒体」と「エージェント」のシームレスな切り替えを実現する。

5.1.3 アニマシー知覚に基づく内面状態の表出

複雑な人型ロボットを用いなくとも、単純な形状かつ動きだけで状態や意図を学習者に伝達することは可能である。中澤ら [20] は、人間が対象の是非を問わず生き物らしさを感じ取る「アニマシー知覚」という感覚を有している点に着目し、矩形の動画プレイヤーが「拡大縮小」や「反復」などの単純な動きを行うだけで、学習者にアニマシーを知覚させ、注意喚起に有効であることを示している。また、柴田ら [21] は、抽象的な物体の「揺れ」や「伸縮」といった動きだけで、エージェントの共感や感情が表現できることを実証している。

これらの知見は、抽象的な物体であっても、特定の動きを付与することで何らかの内面状態（意図や感情）を外

へ伝達可能であることを示唆している。すなわち、モニタにアニマシーを知覚させる適切な物理的挙動を付与すれば、それは単なるデバイスの動作ではなく、エージェントによる状態提示として学習者に受容されるため、非集中状態の提示は十分に可能であると考えられる。特に、生物が眠気によって頭を垂れる「うたた寝」という挙動は、学習者の非集中という抽象的な内面状態を、直感的に表現できると考える。よって、本手法では、モニタが物理的に前方へ傾く動作を繰り返すという、「うたた寝」を模した挙動を採用する。

5.2 動作定義

物理モニタエージェントの具体的な動作および状態を次に定義する。

(1) 基準状態

学習者がタスクに集中していると推定される区間におけるエージェントの状態である。学習者の作業を物理的に阻害しないよう、モニタ画面を学習者に向けた状態を維持する。これは学習者の「理想自己（集中状態）」を表現する状態であり、システム起動時の初期状態としても定義される。

(2) うたた寝動作

学習者の集中力低下が検知された際に行う動作である。モニタ画面を学習者に向けた状態から前方へゆっくりと傾斜し、ある程度の角度まで達するとわずかに戻るといった、反復動作を繰り返す。

(3) 復帰動作

うたた寝動作中に、モニタに対して学習者の注意が向けられた瞬間に行う動作である。生物が外部刺激に対して反射的に姿勢を正す動作を模し、うたた寝動作よりも速い速度で、即座に基準状態へ復帰する。

5.3 システム構成

本システムは、学習者の集中状態を推定する「センシング部」と、その推定結果に基づいて物理モニタエージェントを動作させる「動作制御部」の2つから構成される設計である。本稿では、提案手法の核となる物理モニタエージェントの動作実現可能性を検証するため、動作制御部の構築および制御実装を行った。

物理モニタエージェントは、17.3型ワイド液晶ディスプレイ (I-O DATA EX-YC171D) および市販の多関節モニタアームにより構成される。本プロトタイプでは、モニタアームの関節部分とサーボモータをワイヤで接続し、モータの回転によってワイヤを巻き取ることで、アームを動作させる構成とした。サーボモータには、アームおよびモニタの重量負荷に耐えうるよう、最大トルク 35kg・cm を有する高トルク・コアレスデジタルサーボ (9imod DSC35MG)

を採用した。本モータの制御には Raspberry Pi 4 を用い、Python によって実装したプログラムにより、サーボモータの指令値を操作することでモニタの姿勢を物理的に制御する。本プログラムにより、第 5.2 節で定義した「基準状態」および「だらけている状態」における各姿勢に対応する角度や、それらの間を遷移する動作速度を操作することで、物理的な制御を行う。

6. 今後の展望

本稿では、自己客体視理論に基づき、学習者の非集中状態を物理モニタの「うたた寝」として外在化する手法を提案し、モニタアームを活用した基礎的な動作機構を試作した。実環境での運用および有効性検証に向けて、今後の計画および展望を次に示す。

6.1 物理モニタエージェントの堅牢性と汎用性の向上

5.3 節で述べた現在のプロトタイプは、モニタアームを操作するサーボモータを、モニタとは独立してその後方に設置する構成となっている。このため、システム稼働にはモニタ背後にモータを設置する物理的なスペースが不可欠であり、設置可能な環境が限定されるという問題がある。場所を問わず設置可能なシステムとするためには、モニタアームやスタンド内部にモータを組み込み、外部装置を必要とせず、モニタ単体で動作が完結可能なハードウェアを再設計する必要がある。

6.2 集中度推定機能の実装

本稿の実装範囲では、学習者の集中状態を検知する機能が含まれていない。今後は、学習者の状態をリアルタイムに推定するセンシング部を実装し、システムへの統合を行う。集中力の推定手法については現在検討段階にあるが、基礎検討として、Web カメラから得られる顔情報（顔の向きや視線など）を利用する予定である。具体的には、顔が画面から大きく逸れている状態や、あくびなどの眠気の兆候を「集中力低下」とし、これを物理モニタエージェントの動作トリガーとする。

6.3 実験タスクの選定

提案手法の有効性を実証するためには、学習者の集中状態の定量的評価に加え、システムの介入トリガーとなる「集中力低下」を意図的に誘発可能な実験タスクを選定する必要がある。

この要件を満たす実験タスクとして、本研究では、持続的な注意の標準的な測定手法である PVT (Psychomotor Vigilance Task) [22] を採用する予定である。PVT は、モニタ上に不定期に出現する視覚刺激に対して、可能な限り素早く反応するという、単純な監視作業を学習者に課すものである。

本実験では、この PVT の刺激間隔をあえて数分単位まで延長する区間を設けるなど、意図的に刺激の提示頻度を下げる調整を行う。これにより、学習者に退屈や眠気を確実に引き起こし、画面から視線を逸らす、あるいはあくびをするといった「非集中状態」を意図的に誘発させることを狙いとする。

6.4 主要概念の定義

本手法の理論的妥当性を担保するためには、本研究で扱う主要概念である「集中」および「エージェント」について、一般的な定義を調査し、その意味を明確化する必要がある。

本稿では、これらの用語を使用しているものの、具体的にどのような心理状態を集中と呼ぶのか、また、エージェントとは学術的にどのように定義されるものなのかといった理論背景が不足している。今後は、認知科学や HCI 分野における先行研究を広く調査し、これらの用語が一般的にどのように定義・分類されているのかを整理する。

7. おわりに

本研究では、学習支援における心理的リアクタンスの低減と自発的な集中状態への復帰の両立を目指し、自己客体視を誘発する物理モニタエージェントを提案した。今後は、物理モニタエージェントの動作機構をモニタスタンド等へ内蔵する改良を行い、物理的な堅牢性と設置環境を問わない汎用性を向上させる。その上で、顔情報を用いたリアルタイムな集中度推定機能をシステムに統合し、PVT 等の実験タスクを用いて提案手法の有効性を定量的に評価する。あわせて、「集中」や「エージェント」といった本研究における主要概念を学術的に整理し、理論的妥当性をより精緻に検討していく予定である。

参考文献

- [1] Duncan, G. J. et al.: School readiness and later achievement., *Developmental psychology*, Vol. 43, No. 6, pp. 1428–1446 (2007).
- [2] Stevens, C. and Bavelier, D.: The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective, *Developmental cognitive neuroscience*, Vol. 2, pp. S30–S48 (2012).
- [3] Risko, E. F., Anderson, N., Sarwal, A., Engelhardt, M. and Kingstone, A.: Everyday attention: Variation in mind wandering and memory in a lecture, *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 26, No. 2, pp. 234–242 (2012).
- [4] Junco, R. and Cotten, S. R.: No A 4 U: The relationship between multitasking and academic performance, *Computers & Education*, Vol. 59, No. 2, pp. 505–514 (2012).
- [5] Brehm, J. W.: *A theory of psychological reactance.*, Academic press (1966).
- [6] 池田悠星, 松林暲, 土岐田力輝, 呉健朗, 市川裕介, 宮田章裕: 学習者とシステムの注意関係を逆転させる学習支援手法の基礎検討, ワークショップ 2025 (CN Workshop 2025) 論文集, Vol. 2025, pp. 54–55 (2025).

- [7] Duval, S. et al.: *A theory of objective self awareness.*, Academic press (1972).
- [8] Sethi, C., Dabas, H., Dua, C., Dalawat, M. and Sethia, D.: EEG-based attention feedback to improve focus in E-learning, *Proceedings of the 2018 2nd international conference on computer science and artificial intelligence*, pp. 321–326 (2018).
- [9] Xiao, X. and Wang, J.: Context and cognitive state triggered interventions for mobile MOOC learning, *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction*, pp. 378–385 (2016).
- [10] D’Mello, S., Olney, A., Williams, C. and Hays, P.: Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system, *International Journal of human-computer studies*, Vol. 70, No. 5, pp. 377–398 (2012).
- [11] Hutt, S. et al.: Breaking out of the lab: Mitigating mind wandering with gaze-based attention-aware technology in classrooms, *Proc. CHI*, pp. 1–14 (2021).
- [12] Arakawa, R. and Yakura, H.: Mindless attractor: A false-positive resistant intervention for drawing attention using auditory perturbation, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on human factors in computing systems*, pp. 1–15 (2021).
- [13] Schooler, J. W., Reichle, E. D. and Halpern, D. V.: *Zoning out while reading: Evidence for dissociations between experience and metaconsciousness.*, MIT press (2004).
- [14] Schooler, J. W., Smallwood, J., Christoff, K., Handy, T. C., Reichle, E. D. and Sayette, M. A.: Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind, *Trends in cognitive sciences*, Vol. 15, No. 7, pp. 319–326 (2011).
- [15] Geller, V. and Shaver, P.: Cognitive consequences of self-awareness, *Journal of experimental social psychology*, Vol. 12, No. 1, pp. 99–108 (1976).
- [16] Tien, I. S., Imundo, M. N. and Bjork, E. L.: Viewing oneself during synchronous online learning increases appearance anxiety and decreases memory for lecture content, *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 37, No. 2, pp. 443–451 (2023).
- [17] Bakan, U., Han, T. and Bakan, U.: Exploring the impact of the uncanny valley effect on teenagers’ attitudes toward virtual characters and EFL reading comprehension skills, *Intelligent Service Robotics*, Vol. 18, No. 2, pp. 233–246 (2025).
- [18] Mori, M., MacDorman, K. F. and Kageki, N.: The uncanny valley [from the field], *IEEE Robotics & automation magazine*, Vol. 19, No. 2, pp. 98–100 (2012).
- [19] Mayer, R. E.: Multimedia learning, *Psychology of learning and motivation*, Vol. 41, Elsevier, pp. 85–139 (2002).
- [20] 中澤颯, 上田達也, 江木啓訓: アニマシー知覚により学習者の注意喚起を行う手法の提案, 日本教育工学会研究報告集, Vol. 2025, No. 1, pp. 235–242 (2025).
- [21] 柴田万里那, 大西俊輝, 呉健朗, 宮田章裕: 柔らかい物体の動きによる共感表現方法の効果, 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 1, pp. 26–34 (2021).
- [22] Basner, M. and Dinges, D. F.: Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss, *Sleep*, Vol. 34, No. 5, pp. 581–591 (2011).