

ポモドーロ時間管理方法に基づいた 作業支援エージェントの社会的促進効果

Social Facilitation Effects of a Work Support Agent Based on the Pomodoro Time Management Method

吉光一樹¹ 宮本 友樹² 片上大輔¹

Yoshimitsu Kazuki¹, Tomoki Miyamoto², and Daisuke Miyamoto¹

¹ 東京工芸大学工学部

¹ Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

² 電気通信大学大学院情報理工学研究科

² Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communication

S

Abstract: 本研究は、ポモドーロ・テクニックの時間管理方法に基づいた作業支援エージェントの開発を行い、モチベーション・作業負荷への影響を調査した。実験では、クラウドソーシングで参加者を募集し文章の転記を行った。実験条件は、1. 既存タイマー（統制群）、2. 会話なしエージェント、3. 会話機能付きエージェントの3条件について比較を行った。その結果、エージェントの存在は社会的促進効果により身体的疲労感を有意に低減させることが明らかとなった。また、休憩時の対話機能は、作業パフォーマンス（文字数）の向上には寄与しなすが、作業に対する興味・楽しさを有意に高め、動機づけ要因として機能することが確認された。以上より、本システムはユーザの目的に応じて「疲労軽減のための見守り」と「モチベーション維持のための会話」を使い分けることで、持続可能な作業環境を提供できると結論付けた。

1. はじめに

近年、生涯学習やリスキリング・スキルアップのために知識や技能の継続的な習得が求められている[1]。また、文部科学省の資料[2][3]によれば人生100年時代を迎え、従来の「教育・仕事・引退」の3ステージのモデルから「マルチステージ」と呼ばれる学びと仕事を繰り返し社会の急速な変化に対応する人生への移行が求められている。また、成人学習の参加率が高い国は労働生産性が高いとされているが、日本では社外学習・自己啓発を行っていない割合が諸外国よりも高いことが指摘されている。学び事・習い事の非実施理由では学習費用の問題や仕事に疲れている、学び事に興味がない、やってみたい事がないなど学習意欲が課題として挙げられている。学習環境に注目すると、働き方や学び方の多様化が進んでいる。国土交通省の「令和5年度テレワーク人口実態調査」[4]によると新型コロナウイルス感染症の流行によるテレワークやオンライン授業の導入は、新型コロナウイルス感染症が5類感染症に移行後も高い水準にあり定着傾向と報告され自律的な環境で

の作業は一般的なものとなりつつある。しかし、自律的な作業環境には新たな課題も存在する。同調査のテレワークの悪い影響の回答では、オン・オフの切り替えが難しい(49.3%)や勤務時間が長くなる。いつでも勤務してしまうようになる(35.2%)という回答も存在した。これは、作業者が自らメリハリをつけて集中力やモチベーションを維持や管理することの難しさを表している。また、厚生労働省の「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン」[5]においても、PCやスマートフォンの情報機器による作業による心身の負担軽減のために1時間を超える連続作業を避け、適度な休憩を取ることが推奨されている。加えて、適度な休憩を取ることが認知心理学の分野でも有賀ら[6]によって報告されている。有賀らによれば持続的な注意を必要とする課題において、時間経過によるパフォーマンスの低下は避けられない現象であり注意資源の枯渇や覚醒レベルの低下によって引き起こされると議論されている。

従って自律的な学習や作業環境において、モチベーションの維持のために適切な休憩が不可欠である。

そこで本研究では、短時間の集中と休憩を繰り返す時間管理方法であるポモドーロ・テクニックに着目した。また、心理学において他者の存在が作業効率を高める「社会的促進」の効果が知られているが、テレワークのように他者が存在しない環境ではこの効果を受けにくい。

そのため本研究では、ポモドーロ・テクニックによる時間管理方法に加え、3Dモデルを使用したエージェントによるインタラクションを取り入れた支援システムを提案・開発する。具体的には、作業中にはエージェントも作業を行うことで他者の存在を感じさせ社会的促進を誘発させる。さらに、休憩時にはLLM (Gemini) を用いたエージェントと自由な会話を可能にすることでただのタイマーアプリではなく、同じ時間を共有し共に作業をする「友人」や「パートナー」のような存在を目指し、システムの有用性を検証する。

作業	休憩	作業	休憩	作業	休憩	作業	休憩	作業
25分	5分	25分	5分	25分	5分	25分	15~30分	25分

図1 ポモドーロ・テクニックのサイクル

2. 関連研究

2.1 関連研究

2.1.1 ポモドーロ・テクニック[7]

フランチェスコ・シリロによって1980年代に考案された生産性を向上させるシンプルな時間管理方法である。ポモドーロ・テクニックの最小単位を「ポモドーロ」と言う。1つのポモドーロは25分の作業からなる。一般的なサイクルは図1のように25分作業を行い、5分程度の休憩を取る。これを繰り返し、4ポモドーロ行ったら15分から30分程度の長めの休憩を取る。

ポモドーロ・テクニックの主な効果は以下の3つである。

1. 漠然とした時間の流れに追われるのではなく、時間をポモドーロという単位で扱うことで数えることができ不安を軽減できる。

2. 作業中の中断や割り込みを減らし集中力を高める。

3. 定期的な休憩を取ることでタスクに対する燃え尽きを防ぎ、モチベーションを維持する。

ポモドーロ・テクニックを使用する際の注意点は以下の4つである。

1. 1つのポモドーロを分割することはできない。0.5ポモドーロや0.25ポモドーロは存在しない。

2. 誰か、何かに決定的に作業を中断された場

合、そのポモドーロは無効とみなし新しくポモドーロをやり直す必要がある。

3. ポモドーロを始め25分経過した際は現在の作業を一時的に終了する。例え、「あと数分で終わる」と確信していても作業を一時終了する必要がある。

4. 5分程度の休憩の際は、仕事に関する話題や重要なメールへの返信、緊急の電話を掛けるなどの大きな精神的努力を必要とする活動は避ける必要がある。15分から30分の休憩の際も同様に精神的努力を必要とする複雑な活動は避けるべきである。

2.1.2 ポモドーロ・テクニックの効果

Tuva Kind[8]は、大学1年生を対象に傾倒的な休憩を取り入れる時間管理アプリの使用が自習時の集中力と生産性にどのような影響を与えるか調査した。実験には、「Focus Keeper」というポモドーロ・テクニックに基づいた時間管理アプリが使用された。Kindの研究では実験用のタスクではなく、参加者の日常的なタスクを行う中でアプリを使用させることで実際の学習環境に即した関連性の高いデータの取得を試みた。実験参加者は10人で、Focus Keeperと類似のアプリを1週間のうち任意の時間だけ使用し体験を日記やインタビューを通じて報告した。アプリの使用日数は2日から6日までと参加者によってばらつきがあり、使用方法の違いが結果に影響を与えた可能性があった。調査の結果では、ポモドーロアプリによる系統的な休憩は、「休憩が近づいている」という意識を持たせることで集中時間の延長や達成感の向上に貢献しタスク完了による達成感の向上とストレスの軽減が示された。一方、高ストレス下では休憩を「非生産的な時間」とみなし休憩自体をスキップするパラドックスも確認された。

本研究では、ポモドーロ・テクニックの定期的な休憩を取ることでタスクに対する燃えつきを防ぎモチベーションを維持する効果を発揮させるため、25分経過後の休憩をスキップできないよう設計を行う。

2.1.3 介入方法

大西ら[9]は、適切な休憩タイミングの提示が効果的な休憩を促す一方で、作業を強制的に中断させることがユーザに不快感を与える可能性を指摘している。彼らは、ぬいぐるみロボットの動作による休憩提案とPC画面上のダイアログウィンドウによる通知を比較し、作業中断時の不快感を調査した。その結果、無機質なダイアログウィンドウと比較して、ぬいぐるみロボットを用いた介入の方が有意に不快感が低いことが明らかになった。本研究で提案するエージェントも、単なるシステム通知ではなく、ユーザに寄り添う擬人化された存在である。したがっ

て、先行研究と同様に、エージェントによる作業の中断は、無機質なタイマーやダイアログによる通知よりも心理的負担が少なく、スムーズな休憩への移行を促すと考えられる。

2.1.4 音声対話ゲームインタフェース

安齋ら[10]の研究では、ゲーム内のキャラクターとの親密度を上昇させるような音声対話を用いたインタフェースの提案を行い、従来のキーボードなどによる操作と音声対話を併用したゲームインタフェースを実現し、キャラクターとの親密度への影響について従来のゲームとの比較を行った。ゲームの爽快感や楽しさを保つため、「前に進め」「攻撃しろ」「右を見ろ」といった従来コントローラで行っていた移動や視点操作はキーボードで行った。対話相手であるキャラクターとの関係性はプレイヤーもキャラクターと同じフィールドにいる対等な存在であるとした。会話を選択肢式で行うテキスト版と音声認識を用いる音声版で比較実験が行われた。結果は、親密度に関するすべての項目においてテキスト版より音声版の点数が有意に上回っていた。音声認識を用いた対話ではキャラクターとの気持ちの共有をしていると感じる人や協力し活動していると感じる人がいた。テキスト版では、「選択肢以外の会話ができないことによりキャラクターへの愛着が薄れた」と感じる人がみられ自由な会話が親密度への上昇に寄与している可能性が示唆された。

2.2 関連事例

ポモドーロ・テクニックとエージェントをかけあわせたゲームは既に存在している。ここでは、Valve社が運営するPC向けデジタル配信プラットフォーム Steam で販売されている事例を取り上げる。

「Chill with You : Lo-Fi Story」[11]は、小説家志望の少女（サトネ）と共にデスクワークを行うアドベンチャーゲーム形式の作業支援ツールである。Lo-Fi 音楽や環境音による集中環境の提供に加え、作業を行うことで経験値が得られ、それによりサトネとの関係が深まりストーリーが解放される、という機能を有している「Spirit City: Lofi Sessions」[12]では、集中ツールの機能に特化したゲームであり、Lo-Fi 音楽や環境音のカスタマイズに加え、スピリットと言われる架空の生物の収集やアバターのカスタマイズ要素を取り入れている。これらは、現実の作業を円滑にし、ストレスを軽減することを目的としてデザインされている。「gogh: Focus with Your Avatar」[13]は、前述の2作品とは異なり、オンラインマルチプレイを前提とした作業用ゲームである。”一緒に集中すること”を重きを置き、カスタマイズしたアバターと部屋を介して他者と空間を共有することで

集中力の向上を図っている。これらのゲームは、タイマーや環境音の提供、キャラクター・アバターのカスタマイズ、進行度に応じた報酬によりユーザーのモチベーションを維持するものである。しかし、作業の可集中を防ぐため、システム側から休憩を強制的に促す機能や、休憩中に自然言語を用いた自由会話を行うことで動的な関係性を構築する機能は2026年1月現在、実装されていない。

3. ポモドーロ・テクニックの時間管理に基づいた支援システムについての提案

3.1 システム設計

本研究ではポモドーロ・テクニックの時間管理方法に加え、LLMと3Dモデルを使用したエージェントにより、作業のパートナー的な振る舞いをするシステムを提案する。本システムの開発にあたり、当初はOSの機能を直接使用することにより、強制力の高い介入を実装可能なWindowsのネイティブアプリケーションとしての開発を検討したが、評価実験において実験参加者数の確保や参加者が使用するPC環境(OSやソフトウェア設定等)の違いによるシステムの動作の影響を軽減するためChromium系ブラウザ上で動作するWebアプリケーションとして開発を行った。加えて、実験環境を可能な限り統一するため一つのWebアプリケーションに支援機能(エージェント、タイマー)と作業機能を統合した。

3.2 システム構成

システム全体の構成を図2に示す。本来、支援ツールにはキー入力を保存する機能は必要ないが評価実験の結果の分析ためデータの収集機能が含まれる。

3.2.1 開発環境

- ・ 使用言語：HTML, CSS, JavaScript, C#, PHP
- ・ 使用ソフトウェア：VOICEVOX[14], Unity, Docker, Nginx Proxy Manager, Blender
- ・ 使用モデル：【VRChat向け3Dモデル】くろにやむ(KURONYAM)[15]
- ・ 使用シェーダー：lilToon[16]
- ・ 使用アセット：Steel Frame Shelves 01, Decorative Book Set 01, Book Encyclopedia Set 01, Moon Flat Macro 01, Laminate Floor, Oak Veneer 01, Stretch Poplin, Wood Floor Worn
- ・ API：Gemini 2.5 Flash[17]
- ・ データベース：SQLite

3.2.2 エージェントの実装

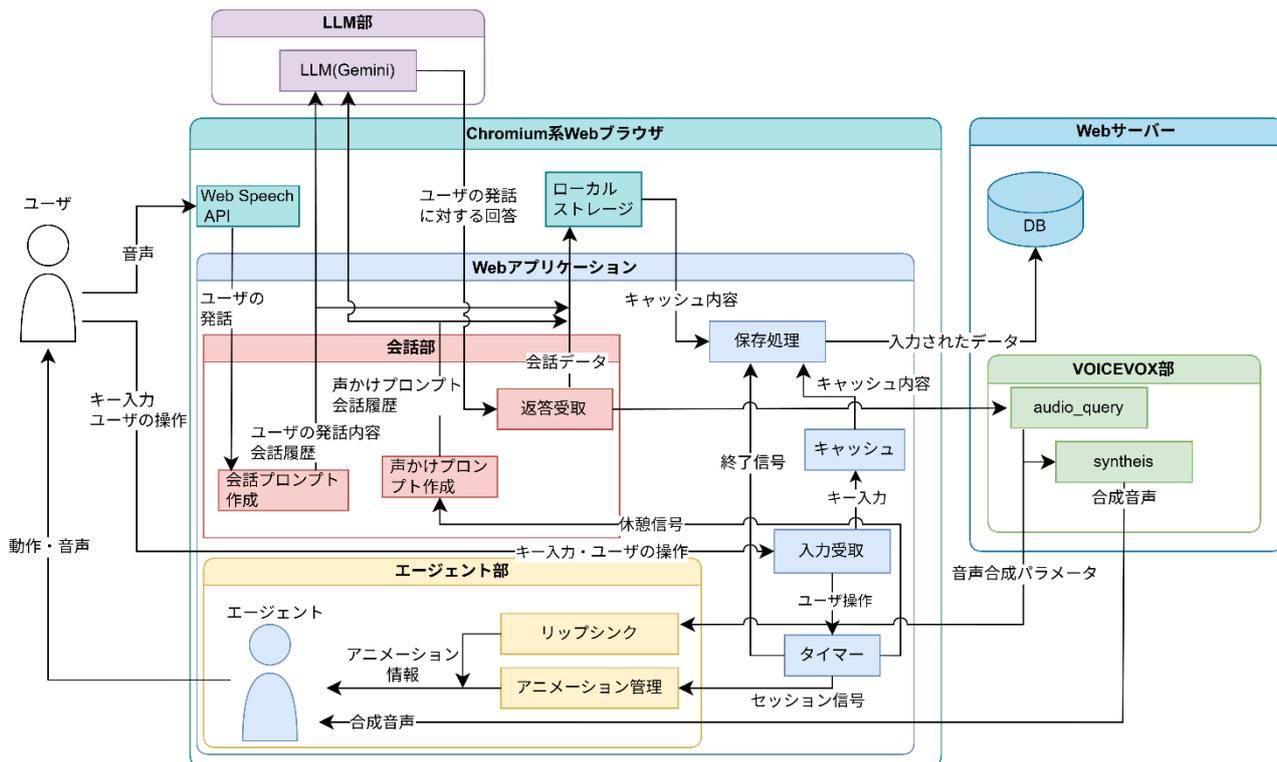


図 2. システム構成図

(1) エージェント本体

本システムのエージェントには「株式会社なのです」が制作し pixiv が運営するネットショップサービスである BOOTH で購入した【VRChat 向け 3D モデル】くろにゃむ(KURONYAM)を使用した. 3D モデルの描画やアニメーションの作成には Unity を使用し, Web ブラウザ上での描画を行うため WebGL にビルドした. Unity 上でそれぞれのボーンにキーフレームを打ちアニメーション(まばたき, タイピング, ノートパソコンの開閉, ストレッチ(伸び))を作成した. これらのアニメーションはスクリプトと Unity のアニメーターコントローラーで制御を行い, 作業パートと休憩パートの切り替わる際に JavaScript から送られるメッセージに応じて決められたアニメーションが再生される. 作業パート中は, エージェントはノートパソコンを使用しタイピングをしているアニメーションとタイピング音が再生される. 休憩時にユーザと会話を行う際には音声には音声合成エンジン VOICEVOX で公開されている「冥鳴ひまり」を使用した. リップシンクには, 3D モデルにあらかじめ設定されている一部のブレンドシェイプ(ブレンドシェイプ名: v_aa, v_ss, v_ou, v_e, v_oh, v_nn)を使用し, VOICEVOX の audio_query で出力される音声合成パラメータを基にして再生を行う.

(2) エージェントの背景

エージェントの背景には, 高品質な 3DCG アセット(3D モデル, テクスチャ, HDRI)を CC0 ライセンスで提供している「Poly Haven[18]」から素材をダウンロードし, オープンソース 3DCG ソフトウェアである「Blender」を使用しアセットの配置・編集, テクスチャの割り当てを行い背景の制作を行った. 制作した背景の総四角形ポリゴン数が約 70 万ポリゴンに達しており, Web ブラウザ上でエージェントと背景をリアルタイムでレンダリングすることは GPU への負荷が高くユーザによってはシステムの動作困難を招く可能性があった.

従って, 負荷軽減として制作した背景を高解像度の一枚の画像として書き出しを行った. これにより, 70 万ポリゴン相当の情報量を持ちながら描画処理の負荷を減らした.

3.2.3 ポモドーロタイマーの実装

本システムのタイマーの実装には HTML を使用しプログレスバーで残り時間を表す, タイマーの制御には JavaScript を使用した. タイマーの時間は, 一般的なポモドーロ・テクニックを基に作業時間を 25 分, 休憩時間を 5 分とした.

3.2.4 会話機能

本システムの会話機能には Google DeepMind 社が開発した大規模言語モデル(LLM)である Gemini 2.5 Flash を使用した. 会話のトリガーは休憩パートに切り替わる際に「ユーザに話しかけてください」と

声かけのプロンプトを送信し、その返答から会話がスタートする。LLM の送信時にシステムプロンプトを追加しロールプレイ設定をしている。また、会話の継続性を保つため、ユーザの返答のみを送信せずに過去の会話履歴を送信することで会話内容を参照したやり取りが可能になっている。LLM によって生成された返答は、サーバ側で動作する VOICEVOX へ入力され音声合成パラメータと合成音声が出力される。

3.2.5 作業の中断機能

ポモドーロ・テクニックにおける「強制的な休憩」を実現するために、本システムでは作業パート終了時にユーザの操作の制限機能を実装した。強制力の観点では OS の API を使用し、ユーザが使用する PC の画面の最前面にウィンドウを表示することで PC 全体の操作を不可能に近付けることができる。しかし、3.1 節で述べた通り Web アプリケーションの形式を採用したため OS レベルの制限は困難である。従って本システムでは代わりに作業用入力フォームをロックする仕様とした。これにより作業を強制的に停止でき、休憩への移行を促す。

3.2.6 操作ログの収集機能

本システムはクラウドソーシングで実験参加者を募集し遠隔での実験を前提としているため、参加者が実験への取り組みを確認する仕組みが必要である。本システムでは実験参加者が行ったキーボードの操作を記録する機能を実装した。具体的には、「入力パターン」、「一定時間ごとの入力結果」、「本システムのアクティブ時間」である。入力パターンは、ボットや自動化ツールによる不自然な入力を排除するためであり、一定時間ごとの入力結果とアクティブ時間は入力パターンだけでは判別が困難なデータを排除するための補完的な役割がある。

3.3 システムの動作フロー

本システムの動作は、大きく作業パートと休憩パートに分けられる。システムのタイマースタートから終了までの流れを図 3 と以下に示す。

1. タスクの開始とタイマーの起動

ユーザが Web アプリケーション上の”タイマースタート”ボタンを押すことで 25 分のタイマーが起動する。これと同時に実験用タスクの入力フォームが解放され入力可能な状態となる。

2. 作業パート

25 分のタイマーが起動中、エージェントはノートパソコンを使用しタイピングを行うことでユーザと同様に作業を行っていることを提示する。加えて、タイピング中はタイピング音を再生することでより他者の存在を感じさせる。

3. 休憩への移行

25 分が経過するとシステムは直ちに入力フォームをロックする。続いて、JavaScript 側から Unity 側へメッセージが送られエージェントはノートパソコンを閉じ「ストレッチ (伸び)」のアニメーションを行う。これにより、作業パートの終了と休憩の開始をユーザに示す。

4. 休憩パート

画面の一部が切り替わりエージェントと会話をするための UI が表示され LLM と VOICEVOX を使用した会話機能が有効になる。ユーザは音声入力もしくはキーボードによる入力を選択でき、エージェントと自由な会話が可能である。

5. 作業パートへの復帰

5 分間の休憩が終了するとチャット用 UI が非表示になり、再度作業用 UI が表示される。復帰の際にエージェントはノートパソコンを開くアニメーションを行ってから作業を再開する。

4. エージェントの有無によるモチベーションへの影響の調査

4.1 実験目的

本実験は、東京工芸大学研究倫理審査会承認（承認番号：倫 2025-25）のもとで行い、目的はポモドーロ・テクニックの時間管理方法に基づいたエージェントがユーザのモチベーションや作業負荷へ与える影響の調査である。

4.2 仮説

以下の 2 つの仮説を立てた。

H1：ユーザと同様にエージェントも作業を行うことや休憩時に自由な会話を行うことで、単なるタイマーと比較しユーザのモチベーションの維持につながる。

H2：エージェントの存在はタイマーによるタイムプレッシャーを緩和し、単なるタイマーと比較し作業負荷を低減させる。

4.3 実験方法

4.3.1 実験参加者

実験参加者はクラウドソーシングサービスであるランサーズ[19]で募集をした。参加者人数の決定には統計学的検定力分析ツールである G*Power を使用した。本実験では効果量を 0.25、有意水準を 0.05、検定力を 0.5 と設定を行い算出した結果 84 人となっ

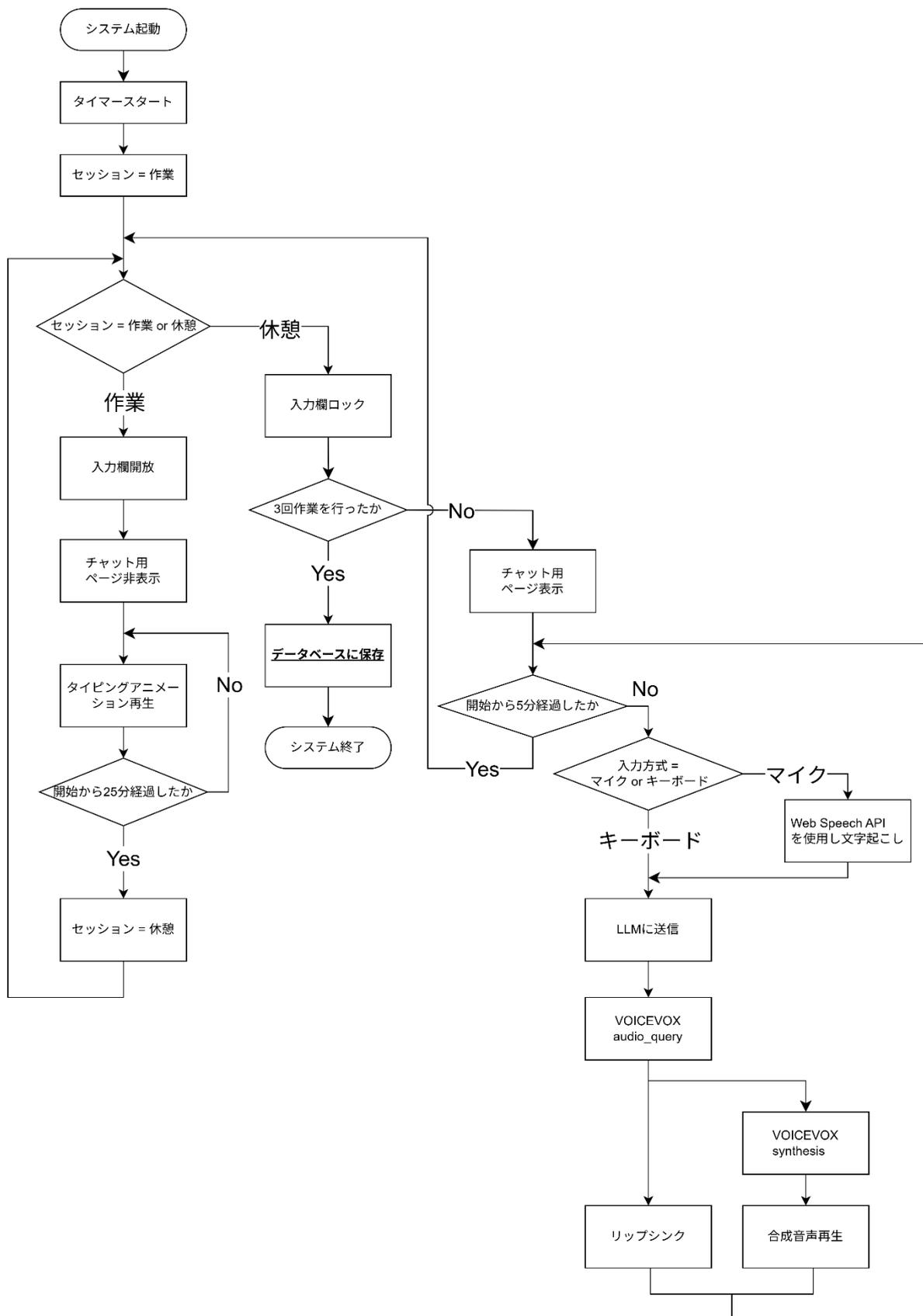


図 3 システムの動作フロー

た。

本実験の参加者の合計は 87 人であるがタスクを所定の手順に従わなかった者やスクリプトによる入力が疑われる者の計 6 名を分析対象から除いた。その結果、有効なデータは 81 名（男：50 人，女：31 人）、平均年齢は 43.52 歳となった。

4.3.2 実験タスク

実験におけるタスクには、指定した文章（付録 1）の入力を行う、文章の転記を採用した。採用理由は特殊な知識や技能を必要とせず幅広い属性の参加者が参加可能且つ、現実のオフィスワークやレポート作成等の PC 作業において基本的であり頻繁に行われる動作であるからである。

4.3.3 実験条件

本システムの効果を検証するため、以下の 3 条件で実験を行った。

条件 1：統制群

エージェントが表示されず、ポモドーロ・テクニックの時間管理方法のみを使用する条件。

条件 2：エージェント表示群

画面上にエージェントは表示し、ユーザと同様に作業を行うが休憩時に会話機能を持たない条件。

条件 3：提案手法群

画面上にエージェントを表示し、ユーザと同様に作業を行う。加えて、休憩時に LLM を用いた会話を行う条件。

4.3.4 実験手順

本実験の所要時間の合計は約 95 分である。うち訳はタスクの実施時間が 85 分、アンケートの回答時間が 10 分である。タスク実行時はポモドーロ・テクニックに基づき、25 分間の作業と 5 分間の休憩を 2 回繰り返した後に 3 回目の作業を行う。その後にアンケートへの回答という構成とした。

4.3.5 アンケート内容

実験参加者の基本的な属性（性別・年齢）に加え、作業に対する精神的・身体的負荷などのワークロード（作業負荷）を測定するために広く用いられている NASA-TLX（NASA Task Load Index）[20][21]、作業に対する内発的動機づけ（興味や関心・楽しさ）を測定するために用いられる IMI（Intrinsic Motivation Inventory）[22][23]、システムに対する有用性や使いやすさの知覚を測定しどのように受け入れられるかの評価に TAM（Technology Acceptance Model）[24]を使用した。アンケートの項目を表 1 と表 2 に示す。

4.4 実験結果

実施した評価実験により得られたアンケートおよび、データの集計結果について述べる。構成は以下の通りである。4.4.1 NASA-TLX, 4.4.2 IMI, 4.4.3

TAM, 4.4.4 作業のパフォーマンスの維持量, 4.4.5 自由記述の内容の順に示す。また、結果の一覧を表 3 に示す。なお、すべての統計的検定において、有意水準は 5%とし有意傾向の水準は 10%とした。

4.4.1 NASA-TLX の結果

NASA-TLX の結果を図 4 に示す。NASA-TLX のすべての下位尺度について 3 条件を要因として一元配置分散分析を行った。結果、PD（身体的要求）において有意差があった。Tukey-Kramer 法による多重比較を行った結果、条件 2 エージェント表示群は条件 1 統制群と比較して有意にスコアが低かった（ $p = 0.0164$ ）。一方、条件 3 提案手法群と条件 2 エージェント表示群の間、および、条件 3 と条件 1 には有意差は認められなかった。PD の平均値を比較した際、条件 1 が 74.26 と最も高く、条件 2 が 53.8 と最も低い、条件 3 は 60.69 と中間の値となった。

4.4.2 IMI の結果

IMI の結果を図 5 に示す。IMI の下位尺度である「興味・楽しさ」について、3 条件を要因として一元配置分散分析を行った。結果、条件間の主効果が有意であった。Tukey-Kramer 法による多重比較を行った結果、条件 3 提案手法群は条件 1 統制群と比較して有意にスコアが高かった（ $p = 0.0448$ ）。なお、条件 2 エージェント表示群と条件 3 提案手法群の間、条件 2 と条件 1 の間には有意な差は認められなかった。各条件の平均値を比較した際、条件 1 は 3.716 と最も低く、条件 3 は 4.58 と最も高い、条件 2 は 4.36 と中間の値となった。残りの下位尺度「努力・重要性」と「関係性」には有意差は認められなかった。関係性の検定にはマン=ホイットニーの U 検定を使用した。

4.4.3 TAM の結果

TAM の結果を図 6 に示す。TAM の各下位尺度のスコアを算出するにあたり、Cronbach の alpha 係数を用いて内的整合性を確認した。その結果、有用性（ $\alpha = 0.957$ ）、使いやすさ（ $\alpha = 0.920$ ）となり、いずれも一般的な基準である 0.7 を上回ったため、十分な信頼性が確保されたと判断した。

TAM の下位尺度である「知覚された有用性」「知覚された使いやすさ」について 3 条件を要因として一元配置分散分析を行った。結果、条件間で主効果は有意ではなかった。

4.4.4 作業のパフォーマンスの維持量

本実験では、作業パートが 3 回ある。第 1 パートと第 3 パートの入力文字数の差分について、図 7 に示す。また、3 条件を要因として一元配置分散分析を行った。その結果、条件間の主効果に有意な差は認められなかった。各条件の平均値を比較した際、条件 1 統制群では、-25.259 文字と減少幅が最小で

表 1. TAM アンケート項目

知覚された有用性	このシステムを使用することで、タスクを早く達成できる。
	このシステムを使用することで、私のタスクのパフォーマンスが向上する。
	このシステムを使用することで、生産性が向上する。
	このシステムを使用することで、私のタスクの効率が向上する。
	このシステムを使用することで、タスクがより簡単になる。
	このシステムはタスクの役に立つ。
知覚された使いやすさ	このシステムの使い方を覚えるのは簡単だと思う。
	このシステムを自分の思い通りに操作するのは簡単だと思う。
	このシステムとのやり取りは明確で理解しやすい。
	このシステムを柔軟に操作できる。
	このシステムは簡単に使いこなせる。
	このシステムは使いやすい。

あった。対して条件 3 提案手法群では、-185.214 文字と減少幅が大きい標準偏差が大きい統計的な差としては支持されなかった。

4.4.5 自由記述の内容

59 名の方が自由記述に回答した。この中から意見を、エージェントに関する意見、システム (UI や動作) に対する意見、タスクに対する意見に分類を行った。

i. エージェントに関する意見

- ・同じ作業仲間がいるように感じた。(条件 3)

- ・休憩時間に女の子と話すのは (慣れていないので緊張しましたが) 楽しいので良いと思いましたし、タイピングをしながら次の休憩で何を話そうかと少し悩みました。また、作業中もキーボードの音が聞こえてきて、女の子と一緒に作業をしているみたいで臨場感があったと思います。(条件 3)

- ・かわいい同僚キャラクタと一緒に作業! というのが新鮮で、仲間感がありました (この短時間でも)。少しだけ、彼女のキーパンチの音が気になったかもしれません。それでもキャラクタがいると心強いですね。あと、自分がポモドーロに向かないタイプなので、集中したい時は AI キャラなので会話に参加しないなど、忖度しなくていいところが良いかも。(条件 3)

- ・かなり集中できたが、キャラクタがいる意味は

表 2. IMI アンケート項目

興味・楽しさ	この作業はとても楽しかった。
	この作業はやっていて楽しかった。
	この作業は退屈だと思った。
	この作業はとても興味深いと思った。
	この作業はかなり楽しいものだった。
努力・重要性	この作業多くの努力を注いだ。
	この作業でうまくやろうとあまり努力しなかった。
	この作業には非常に力を入れた。
関係性	この作業でミスが減らすことは私にとって重要だった。
	エージェント (キャラクター) には本当に距離感を感じた。
	エージェント (キャラクター) ともっと交流する機会が欲しい。
	今後このエージェント (キャラクター) と関わりたくない。
	頻繁に交流すれば、このエージェント (キャラクター) と友達になれる可能性が高いと感じた。
	エージェント (キャラクター) に親近感を感じた。

あまり感じられなかった。打鍵音は集中に繋がった。(条件 2)

- ・キャラクタが作業するアニメーションが表示され、キーボードの打鍵音が鳴ることで、人と一緒に作業している感覚になり、「サボれない」という意識になった。(条件 2)

ii. システムに対する意見

- ・音声入力が上手いかなかった。

- ・とても楽しい実験でした。エージェントの会話の時、たくさんの英字が出て、エージェントがそれを読み上げ会話ができないことがあったため、それが改善されると良いです。(条件 3)

- ・率直に言えば、強制的に休憩時間を挟まれたのが集中とペースを乱す要因となっており邪魔だった。(条件 3)

- ・全体的に動作が重く、キーのタイピングが反映されるまでのラグがひどかった。もう少し軽快にタイピングできるようにしてもらいたい。(条件 2) ・途中でページが重くなったのか、入力した文字が画面に出るまでにラグが生じることがあり、そのため

表 3 NASA-TLX, IMI, TAM 結果一覧

		条件 1		条件 2		条件 3	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
NASA-TLX	WWL	80.444	9.986	73.760	13.827	73.517	17.541
	MD	66.111	23.466	67.000	21.262	67.586	21.532
	PD	74.259	23.026	53.800	27.282	60.690	27.701
	TD	78.333	22.997	78.200	18.364	78.793	25.059
	OP	59.815	21.904	57.400	23.722	64.655	21.041
	EF	86.852	15.137	83.200	15.267	77.759	18.593
	FR	66.111	26.324	72.400	18.826	57.414	24.590
IMI	興味・楽しさ	3.716	1.220	4.360	1.306	4.586	1.459
	努力・重要性	6.287	0.743	5.870	0.638	5.879	0.883
	関係性			4.256	0.901	4.434	1.320
TAM	有用性	4.179	1.208	3.707	1.366	4.420	1.440
	使いやすさ	4.870	1.145	4.540	1.228	4.707	1.160
変化量 (文字数)		-25.259	301.753	-75.520	255.947	-185.214	317.681

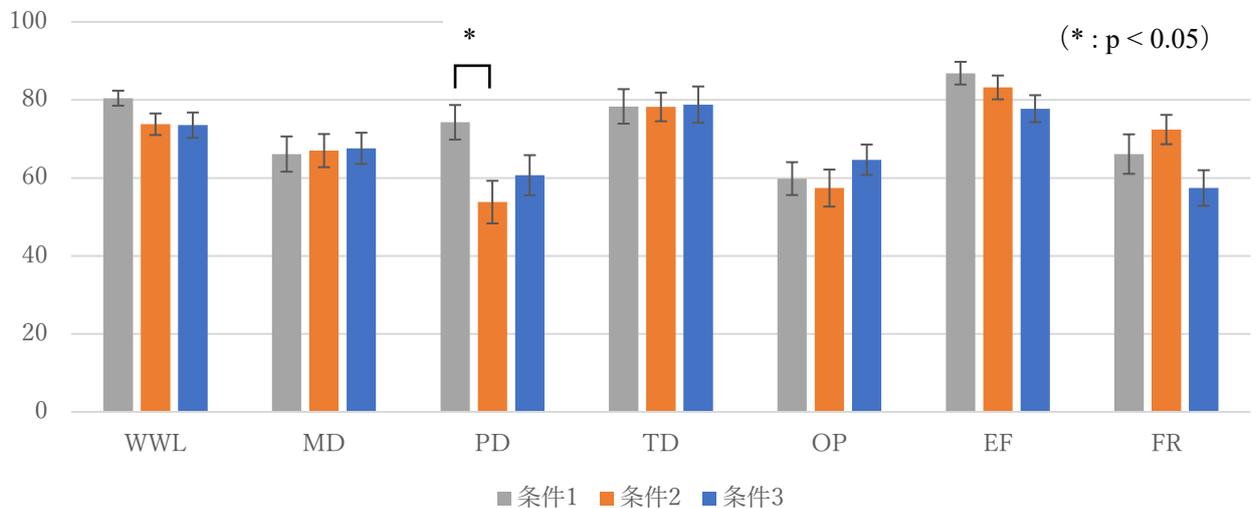


図 4 NASA-TLX の結果

途中で作業ペースが落ちています。(条件 2)

iii. タスクに対する意見

・タスクとしてはタイピングであったが、転記をしていて物語の内容が非常に面白かったです。(条件 1)

・小説の内容が面白かったです。(条件 3)

5. 考察

本実験では、ポモドーロ・テクニックの時間管理方法に基づいたシステムにおける「エージェントの存在」および「休憩時の会話機能」がユーザのモチベーションや作業負荷へ与える影響を調査した。

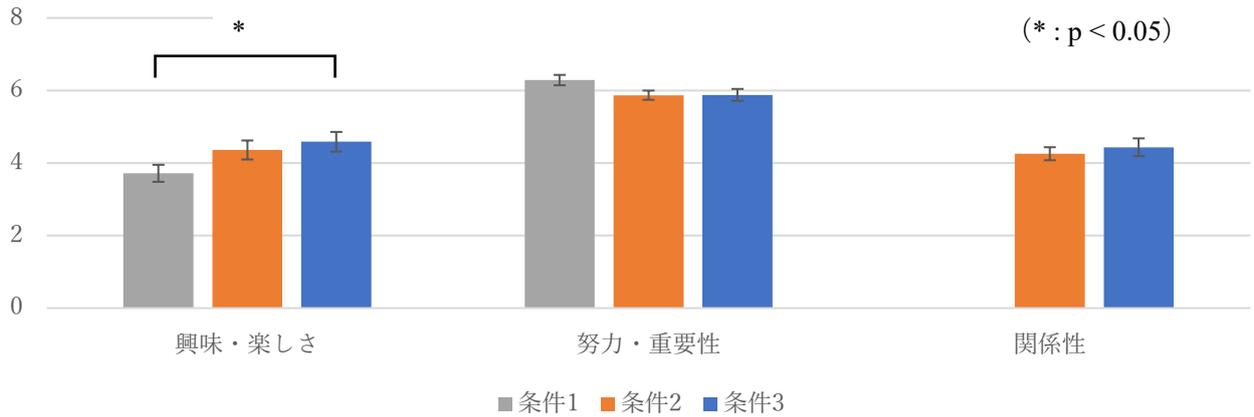


図 5 IMI の結果

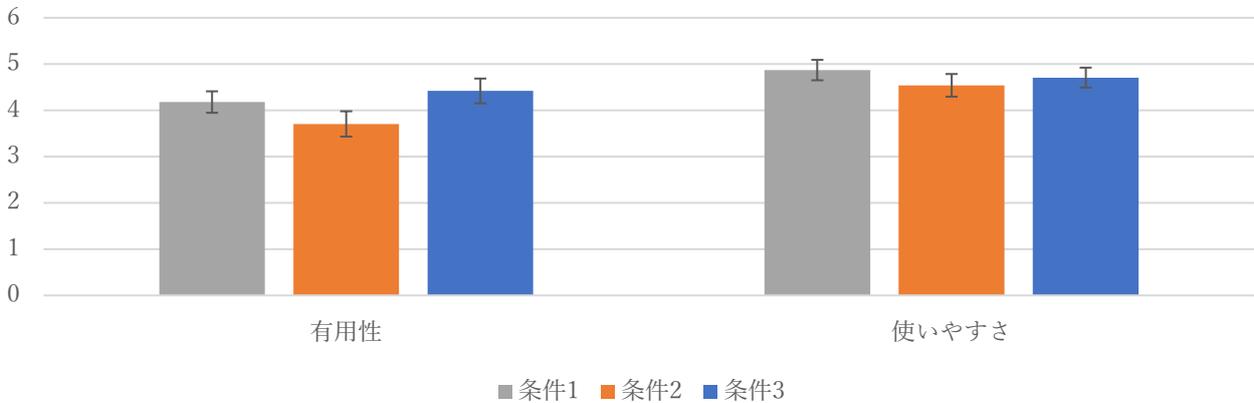


図 6 TAM の結果

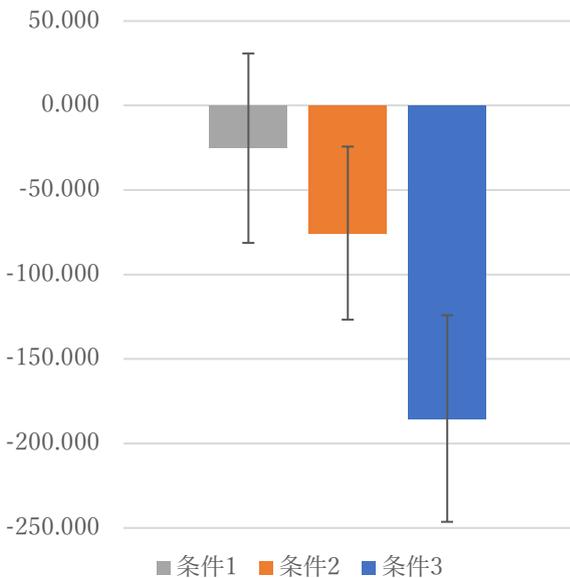


図 7 作業のパフォーマンスの維持量

実験の結果、条件 2 のエージェントが単なる存在では、身体的要求を有意に減少させる効果が確認された。一方、会話機能を有する条件 3 の提案手法では作業負荷の軽減において有意な差は確認されなかったが、作業に対する「興味・楽しさ」を有意に向上させることが確認された。また、作業パフォーマンス（文字数）においては、会話機能が維持や向上に寄与するという仮説は支持されなかった、かえって減少する傾向が見られた。しかし、主観的な努力量はすべての条件で高く維持されていた。これらの結果から、本システムにおける「エージェントの存在」と「会話機能」はユーザに対して疲労感の軽減と作業に対する動機づけの異なる効果をもたらすトレードオフの関係であることが示唆された。

5.1 エージェントの存在による効果

NASA-TLX の結果において、エージェントのみを表示した条件 2 の身体的要求が、条件 1 の統制群と比

べて優位に低い値を示した。自由記述において「キャラクタが表示されることで、人と一緒に作業している感覚になり、サボれないという意識になった。」、「打鍵音は集中に繋がった。」という意見があることから、他者の存在が個人の作業効率を高める「社会的促進」の効果が 3D モデルを使用したエージェントにも発揮されたことが分かる。従ってエージェントが作業をしているという適度な緊張感が、作業中の姿勢の崩れや無駄な動作を抑制し結果として身体的負荷を有意に軽減させたと考えられる。一方、会話機能を有した条件 3 では有意な軽減効果が確認されなかった。これは、休憩時に行う会話が新たな身体的・精神的負荷になり、エージェントの存在による負荷軽減を相殺した可能性がある。休憩を目的とした際は、会話機能のないエージェントの形式が適していると言える。

5.2 会話機能による内発的動機付けの効果

IMI の「興味・楽しさ」においては、会話機能を有する条件 3 のみが条件 1 の統制群よりも有意に高い結果を得た。自由記述において 9 名の参加者が「タスクの小説が面白かった・気になった」と回答している。しかし、実験条件群において有意な向上が見られたのは、提案手法である会話機能が付加価値（ポジティブな感情）をユーザに提供できることを示している。また、自由記述には「タイピングをしながら次の休憩で何を話そうかと少し悩みました。」とあるため、休憩時の会話がただの休息ではなく報酬として機能したことによりモチベーションへの維持に貢献した可能性がある。

5.3 作業効率への影響

作業のパフォーマンスについては、条件 3 の提案手法はパフォーマンスの維持や向上につながらず、かえって低下させる傾向が見られた。これは会話をすることに脳のリソースを消費し、楽しさを感じる内容であっても十分な回復が行われず作業効率の低下を招いたと推察される。しかし、IMI の「努力・重要性」の結果から参加者は条件に関わらずタスクに対して真面目に取り組んでいるため手抜きによってパフォーマンスの低下を招いたわけではない。

本研究の限界として、システムの実行環境が Web ブラウザ上でありネイティブアプリケーションと比べ休憩の強制力がないこと。また、実験が 90 分の単純作業であったことがあげられる。長期的なシステムの使用において、エージェントとの会話による楽しさが飽きによって減少するかは検証が必要である。

また、今後の展望として、ユーザ自身の状況（疲

労度やタスクの進捗）に応じて会話の有無を動的に切り替えるインタラクションの実現が期待される。

6. おわりに

本研究では、ポモドーロ・テクニックによる時間管理方法に加え、3D モデルを使用したエージェントを使用し LLM とのインタラクションを取り入れた支援システムの開発を行い、モチベーションや作業効率・作業負荷への影響を調査した。結果、エージェントが存在し一緒に作業をするだけでも社会的促進の効果により身体的疲労感が有意に軽減されることが明らかになった。また、休憩時にエージェントと会話を行うことで転記という単純作業に対する「興味・楽しさ」を有意に向上させることが確認された。しかし、作業のパフォーマンスにおいては会話機能による有意な向上は見られず、かえってパフォーマンスが低下する傾向が見られた。これは、会話による脳のリソースを消費したためと考えられる。しかし、参加者の主観的な努力量はエージェントの機能や有無に関係なく高く維持されていたことから、システムは作業の手抜きを助長したのではなく、心理的な満足度を高める一方で効率面には課題を残す結果となった。

謝辞

システムの構築にあたり、エージェントとして使用させていただきました【VRChat 向け 3D モデル】くろにやむ(KURONYAM)の制作者様。および、背景の素材・テクスチャとして使用させていただきました素材の制作者様、素晴らしい作品を本研究に利用させていただいたことを心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 経済産業省. “リスクリングとは—DX 時代の人材戦略と世界の潮流—”. 経済産業省. https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_jinzai/pdf/002_02_02.pdf, (2025-12-26).
- [2] 文部科学省. “生涯学習・社会教育をめぐる現状・課題”. 文部科学省. https://www.mext.go.jp/content/2022_0829-mxt_syogai03-0024695_3.pdf (2025-12-26).
- [3] 文部科学省 “第 3 章 生涯学習社会の実現”. 文部科学省. https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1421865.htm (2025-12-26).
- [4] 国土交通省. “令和 5 年度テレワーク人口実態調査”.

- 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/toshi/kankyo/content/001735166.pdf> (2025-12-26).
- [5] 厚生労働省. “情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン”. 厚生労働省. <https://www.mhlw.go.jp/content/000539604.pdf> (2025-12-26)
- [6] 有賀 敦紀, 渡邊 克巳: 視覚的注意の時間的限界, 心理学評論刊行会, Vol.51, No. 2 275-286, 2008
- [7] Francesco Cirillo. The Pomodoro Technique (The Pomodoro) by Francesco Cirillo, 2006
- [8] Tuva Kind. “I have a five-minute break, I pick up the phone, and then 40 minutes have passed. Uppsala University, Department of Informatics and Media, 2024.
- [9] 大西 紗綾, 坂本 大介, 小野 哲雄: むいぐるみロボットを用いた休憩タイミング提示システムの提案, HAI シンポジウム, P-18, 2017
- [1 0] 安斎 彩季, 小川 時央, 星野 准一: キャラクターとの親密度を高める音声対話ゲームインタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.63 No.4 1128-1137, 2022
- [1 1] Nestopi Inc. “Chill with You : Lo-Fi Story”. Steam. https://store.steampowered.com/app/3548580/Chill_with_You_LoFi_Story/?l=japanese (2025-12-26).
- [1 2] Mooncube Games. “Spirit City: Lofi Sessions”. Steam. https://store.steampowered.com/app/2113850/Spirit_City_Lofi_Sessions/ (2025-12-26).
- [1 3] ambr. “gogh: Focus with Your Avatar”. Steam. https://store.steampowered.com/app/3213850/gogh_Focus_with_Your_Avatar/ (2025-12-26).
- [1 4] VOICEVOX. “VOICEVOX:冥鳴ひまり”. https://voicevox.hiroshiba.jp/product/meimei_himari/ (2025-11-05).
- [1 5] 株式会社なのです. 【VRChat 向け 3D モデル】くろにやむ(KURONYAM), BOOTH. <https://studio-nanodes.booth.pm/items/4015104> (2025-06-24).
- [1 6] libLab. lilToon, BOOTH. <https://booth.pm/ja/items/3087170> (2025-06-24).
- [1 7] Google. Gemini 2.5 Flash, Google Cloud. <https://docs.cloud.google.com/vertex-ai/generative-ai/docs/models/gemini/2-5-flash?hl=ja> (2025-10-31).
- [1 8] Poly Heaven, Poly Heaven. <https://polyhaven.com/> (2025-10-31).
- [1 9] ランサーズ. ランサーズ. <https://www.lancers.jp/> (2026-01-09).
- [2 0] 三宅 晋: 特集③人間工学のための計測手法 第3部: 心理計測と解析 (6) メンタルワークロードの計測と解析—NASA-TLX 再考—, 人間工学, 2015 Vol.51, No.6 p. 391-398, 2015
- [2 1] Keith Vertanen. NASA-TLX in HTML and JavaScript. <https://www.keithv.com/software/nasatlx/> (2025-11-21).
- [2 2] 最上 多美子, 中込 和幸, 亀島 信也: 内発的動機付け尺度(Intrinsic Motivation Inventory)日本語版作成. 日本心理学会第73回大会, 2009
- [2 3] Scale Description : Intrinsic Motivation Inventory (IMI). 1983
- [2 4] Fred D. Davis, Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology : MIS Quarterly, Vol.13, No.3 p.319-340, 1989