

競争と協力を使い分けるエージェントシステムの設計

Designing an agent system that can use differentiation between competition and cooperation

大石 真史^{1*} 大澤 博隆^{2,1}
Masafumi Oishi¹ Hirotaka Osawa^{2,1}

¹ 筑波大学

¹ University of Tsukuba

² 慶応義塾大学

² Keio University

Abstract: We designed an agent that builds human-agent relationships in ongoing competition or cooperation, and investigated whether this agent can provide motivation and improve human performance. In an online survey, we showed video of the system in action and evaluated it. The results confirmed the effectiveness of motivation by rival or teammate agents and the ability to assign agents to the appropriate person through empathic concern. For the participant experiment, we created an agent system and conducted the experiment online. As a result, this agent could not increase participants' motivation. However, continued competition or cooperation strengthened the relationship, suggesting the possibility of making the agent feel like a rival or teammate.

1 序論

社会的存在としてエージェントが認知され、エージェントとの相互作用が動機づけの手法として使用されている。例として教育可能なエージェントを用いた研究[1]や視線により性格特性を表現するエージェント研究[2]が挙げられる。これらの研究においてエージェントは社会的役割を与えられており、役割の影響を踏まえた相互作用の設計が重要であると考える。

人間とエージェントの相互作用にて動機づけを与える手法として競争が用いられる。eラーニングの環境にて競争相手としてエージェントを登場させ、エージェントの能力の差による自己効力感や楽しさへの影響を検証している研究[3]やエクササイズゲームにおいて仮想的なトレーナーと人間を共にレースさせる研究[4]などがある。エージェントとの競争は動機づけに対して有効であると言える。競争の際に行われる社会的比較では、自己評価の上昇と低下のどちらも起こり得ることを示しており対象を自身と同じカテゴリーに属すると考えるか否かによって効果が変化する[5][6][7]。人間同士の比較時の関係によって効果が変わることから、人間とエージェントの

競争においてもエージェントとの関係を考慮することが重要であると考えられる。

代表的な関係性にライバル関係とチームメイト関係が挙げられる。関係性を考慮した競争として、ライバルとの競争が挙げられる。Kilduffらは、ライバル関係を構築した相手との競争では、パフォーマンスが向上し、動機づけが与えられることを示している[8]。一方で競争を忌避するために人間がいることも明らかであり[9]、これらの人間に対してはライバル関係とは異なる関係性を提示する必要があると考える。人間同士の関係性においてライバルと対となる存在としてチームメイトが挙げられている[10]。これらの人間関係において重要である関係性を人間とエージェントの相互作用においても考慮することが重要であると考えられるが、動機づけとの関連性は不明である。

本研究では、継続的な競争または協力において人間とエージェントの関係性を構築するエージェントを設計し、関係性を構築したエージェントとの競争及び協力により動機づけや人間のパフォーマンスの向上を与えることを提案する。

2 提案手法

本研究では、エージェントと使用者の継続的な競争または協力とテキスト表示により、使用者とエー

* 連絡先: 筑波大学大学院理工情報生命学術院システム情報工学研究群
知能機能システム学位プログラム
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1丁目1-1
hailabsec@iit.tsukuba.ac.jp

エージェントの継続的な関係を構築するエージェントを設計し、2つの異なるエージェントを使用者の特性に合わせて適切なエージェントを割り当てるシステムを提案する。

2.1 ライバルエージェント

ライバル関係を構築したエージェントとの競争により、動機づけやパフォーマンスの向上を使用者に与えることができると考える。

この手法では、使用者に能力を合わせた上で、関係を考慮したエージェント設計を行うことができる。使用者に合わせたエージェントの能力設定やエージェントの同一性の演出により同一エージェントとの能力が接近した競争を実現する。Kilduffらの研究により、拮抗した競争がライバル関係構築には重要である[8][11]ことから、競争するエージェントの能力はユーザの能力を元に決定する。この競争を繰り返すことで、ライバル関係に重要であると競争の歴史[12]を作り、継続的なライバル関係を構築する。

2.2 チームメイトエージェント

比較の要素を薄くした協力課題において関係性を構築するチームメイトのエージェントを用いることで使用者に対して動機づけを与えることができると考える。

この手法では、競争を忌避する人に対しても有効な関係性を持つエージェントを設計することができ、人の特性によって使用を限定しないエージェントシステムを設計できると考える。具体的には、同一エージェントとの能力が近い協力を実現する。また、使用者がエージェントの能力を参照しにくい表現をすることで、エージェントに対する比較の回数を減らし、比較による負の影響を減らす。加えて、チームメイトとの関係性を構築することでケーラー効果による動機づけを行う。ケーラー効果は、社会的比較と集団にとって不可欠性があることにより生起し、自身の能力のために集団が失敗する可能性を危惧すると動機づけが高まる。人間とエージェント間のケーラー効果についても調査した研究では、チームメイトという役割を与えたエージェントとの課題において人間に動機づけが与えられたことを示している[13][14]。

3 動画調査

継続的な競争によりライバル関係の構築を目指すエージェントと継続的な協力によりチームメイトの

関係の構築を目指すエージェントが適切に表現されているか及び人間の特性とエージェントの評価の関連性を評価するため動画調査を実施した。本実験は筑波大学システム情報系倫理委員会の審査を受けた。(審査承認番号 2022R614)

3.1 評価方法

Amazon Mechanical Turkにて参加者は初めに特性に関するアンケートに回答する。条件の毎に、実験の状況設定の説明とUIの説明を見た後に動画を視聴する。その後、アンケートに回答する。この手順を2条件分繰り返した後に、2条件のうちどちらを好むかについて質問に回答する。

アンケートは、表1に示す。回答はQ1からQ6までは、1. Strongly disagree - 7. Strongly agreeの7件法で求め、Q7については自由記述で求めた。表1はRival条件のアンケートであり、Teammate条件では、アンケート中の”rival”は”teammate”に変更する。また、全ての動画視聴及びアンケートを回答したのちに以下のアンケートの回答を求めた。

Q8: “Which version did you prefer to use? Please select the one you would like to use.”

最後の質問については、Q1の評価が同じ場合僅かな差を収集し、評価するために作成した。加えて自由記述でQ8の回答理由について尋ねている。

特性に関するアンケートは、Iowa-Netherlands Comparison Orientation Measure (INCOM) [15]の短縮版[16]と INTERPERSONAL REACTIVITY INDEX (IRI) [17]の共感的関心尺度(empathic concern scale)の質問項目を用いている。

表1: 条件毎の質問項目

Q1	I would like to use this software for typing practice.
Q2	I will not get bored with this system for a year.
Q3	I am glad if my typing skill is greater than those of my rival in the video.
Q4	I am frustrated if my typing skill is lesser than those of my rival in the video.
Q5	I want to get a higher score than my rival.
Q6	Reminding me of my colleague in this software motivates me to practice typing skills.
Q7	What is your impression of this software?

3.2 提示内容

前提として、以下の説明文が与えられる。

“You have a job where you do a lot of typing. You use this typing practice software all the time to improve your own typing skills.”

加えて、条件毎に以下の説明文を加えている。説明文では、AIが条件の社会的役割で登場することを示している。Rival条件では、以下の文である。

“This typing practice software has an AI as your rival. You are building a rivalry with the AI.”

Teammate 条件では、以下の文である。

“This typing practice software has AI as your team-mate. You are building a cooperative relationship with the AI.”

UI の説明は、実際の操作画面のスクリーンショットとテキストで行う。テキストは、条件に合わせて一部改変しており、例えば、Rival 条件では、エージェントからのテキスト表示を“Message from your Rival”とし、Teammate 条件では“Message from your Teammate”としている。

動画は、ソフトウェアを使用している画面録画とその使用者の手元映像を 2 つ合わせて表示するものとなっている。動画の内容は、はじめに使用者 1 人で行うタイピング練習を見せる。その後、エージェントからのテキスト表示、エージェントと行うタイピング課題、タイピング課題の結果表示の一連の流れを 3 回繰り返し、最後に再びエージェントからのテキスト表示を行う。それぞれの場面で表示されている画面について Rival 条件でまとめた図が図 1 であり、Teammate 条件でまとめた図が図 2 である。タイピングは、左側は使用者がタイプする文字列であり、右側はエージェントがタイプする様子を表している。スコアは、正確にタイプした回数（以下、クリアとする）から間違えてタイプした回数（以下、ミスとする）を引いたものと定義している。このタイプする文字は常に上から 3 列目であり、次にタイプする文字は黒い枠で協調される。次にタイプする文字と入力した文字が一致すると正しくタイプした

と判定し、クリアに 1 を加算し、文字を灰色にし、黒い枠は次の文字に移動する。次にタイプする文字と入力した文字が不一致すると間違えたタイプしたと判定し、ミスに 1 を加算し、文字を赤色にする。この際に黒い枠は移動しない。

Rival 条件では、図 1b 下部のようにそれぞれの成績を表示している。プログレスバーは、それぞれの色で表され、現在の成績が表示されている。これにより、比較を促している。Teammate 条件では、図 2b のように個々の成績は表示されるチームの成績が表示される。これにより協力の構造と比較しづらい環境を構築している。

この時、タイピング課題の結果は、使用者がエージェントよりスコアが「高い」、「低い」、「高い」の結果の流れとなる。実際には、使用している人間の前回のタイピングでの 1 文字タイプするのにかかる時間に対して、係数をかけることで算出している。

動画中に表示されるテキスト内容は表 2 である。Rival 条件では、前回の競争と今回の競争を紐づけるコメントを表示する。コメントは、人間の能力を評価するテキストと今回の競争に言及するテキストから成り立つ。このコメントにより勝敗の積み重ねが生まれることを目指している。Teammate 条件では、前回の協力と今回の協力を紐づける。コメントはエージェント自身の前回課題の能力の評価と今回の協力について触れる表現を行う。Teammate 条件では、エージェントは使用者の能力に言及せず前回の協力への言及を行っている。これにより、Teammate 条件では、比較し合う構図が発生しないことを目指す。

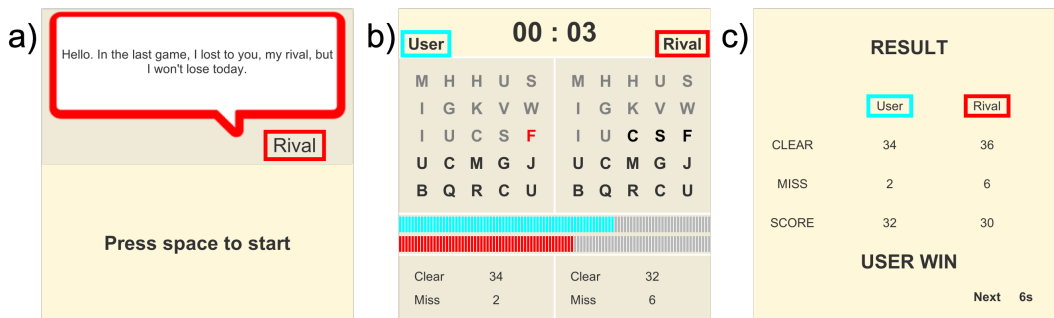


図 1: ライバルエージェントの UI(a はテキスト表示, b はタイピング競争, c は結果)

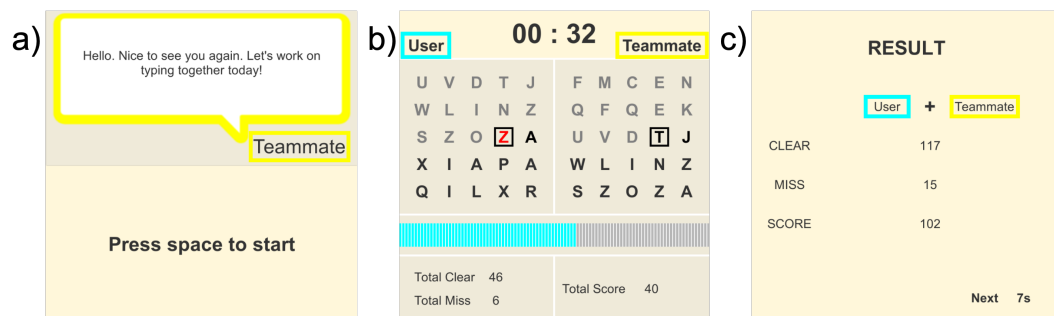


図 2: チームメイトエージェントの UI(a はテキスト表示, b はタイピング協力, c は結果)

表 2: 動画に表示されるテキスト

Rival	
1st text	Hello. In the last game. I lost to you, my rival, but I won't lose today.
2nd text	Your score is average. I'll win the next one.
3rd text	Your score is average. Let's play the next one soon!
4th text	Your score is very good. A good win. This is going to be a very, very good game.
Teammate	
1st text	Hello. Nice to see you again. Let's work on typing together today!
2nd text	The previous typing didn't work for me a bit. I will do my best to contribute next time.
3rd text	We both typed well the last time. Let's work hard next time!
4th text	I was able to type keys well last time. I will try to show the same ability next time.

3.4 仮説

本オンライン調査の評価における仮説は以下の通りである。

仮説 1: 比較した際に得られる感情の大きさは、Rival 条件が Teammate 条件より大きい。

本オンライン調査で使用するソフトウェアでは、Teammate 条件では比較しづらく作成し、Rival 条件では、比較を煽るような構成となっている。そのため、Teammate 条件では、比較から得られる感情の大きさは小さく、Rival 条件では、比較から得られる感情の大きさは大きいと考える。そのため、Q1, Q2, Q3 の値は Rival 条件が Teammate 条件に比べて有意に高いと考える。

仮説 2: 使用したいソフトウェアと動機づけがより得られるエージェントは一致している。

本調査では、タイピングという実際の技能を用いた課題を提示している。技能習得課題においてより使用したいと感じるのは動機づけを得られるソフトウェアであると考え、使用したいソフトウェアと動機づけを得られるエージェントは一致していると予測する。そのため、Q6 の値は Q8 で選んだ条件と一致する条件の方が他方の条件と比べて有意に高いと考える。

仮説 3: 社会的比較志向性とソフトウェアの評価

には相関が存在する。

Iowa-Netherlands Comparison Orientation Measure (INCOM)[15]の短縮版[16]では、社会的比較志向性を計測している。INCOM から求められる SCO の値が高いほど社会的比較志向が高くなる。社会的比較志向が高い人は比較行動を取る傾向が高くなるため、比較しやすいソフトウェアを高く評価すると考える。Rival 条件の Q1 の値から Teammate 条件の Q1 の値を引いた差分 Q1 を差分 Q1 とする。同様の手法を Q2 に当てはめ算出した値を差分 Q2 とする。この時、差分 Q1 と Q2 は、INCOM の合計値と正の相関を持つと考える。

仮説 4: 共感的関心とソフトウェアの評価には相関が存在する。

INTERPERSONAL REACTIVITY INDEX (IRI)[17]の共感的関心尺度(empathic concern scale)では、共感的関心の値が高いほど、共感的関心が強くなる。Pangらは、共感的関心と向社会的行動に相関があることを述べている[18]。向社会的行動とは、他者の利益を目的とした自発的な行動であり、助け合いや協力が含まれる。共感的関心が高い人は協力に対しての関心が強いと、協力を表現するソフトウェアを高く評価すると考える。Rival 条件の Q1 の値から Teammate 条件の Q1 の値を引いた差分 Q1 を差分 Q1 とする。同様の手法を Q2 に当てはめ算出した値を差分 Q2 とする。この時、差分 Q1 と Q2 は、共感的関心尺度の合計値と負の相関を持つと考える。

3.5 結果

Amazon Mechanical Turk にて調査を行い、70 件のデータを収集した。本調査では、Amazon Mechanical Turk から高品質の結果を一貫して提出する能力を持つと認められたワーカーのみに絞って募集している。加えて参加者が回答に使用した時間を計測しており、計測した時間が動画の合計時間(6 分 24 秒)以上である場合視聴が十分であるとし、有効なデータとした。70 件のデータの内 60 件を有効なデータとし、アンケートの回答について評価を行った。条件ごとに参

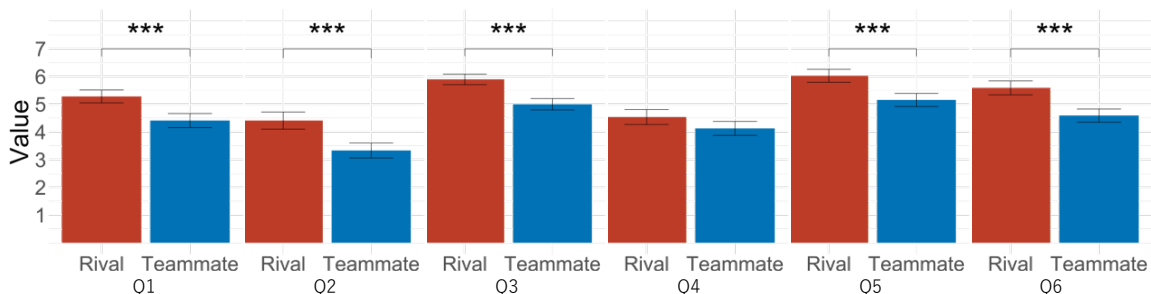


図 4: ライバル条件を好むグループの比較結果(* = <0.05, ** = <0.01, *** < 0.001, Error bar is SEM)

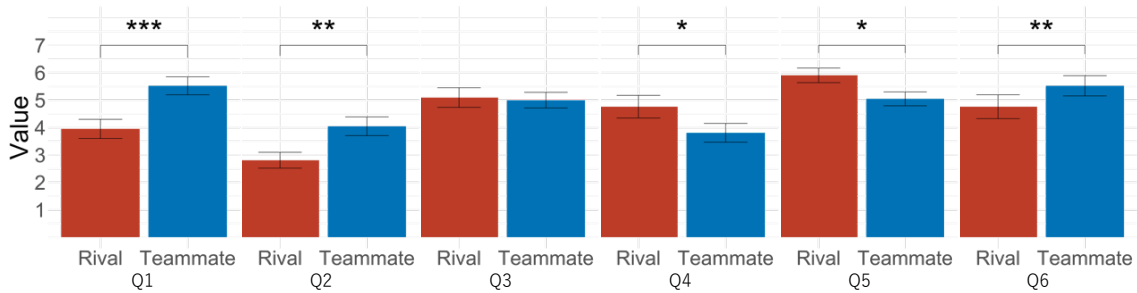


図 5: チームメイト条件を好むグループの比較結果 (* = <math> < 0.05 </math>, ** = <math> < 0.01 </math>, *** = <math> < 0.001 </math>, Error bar is SEM)

加者内で比較を行う。

アンケート回答全体に対して Wilcoxon signed-rank test を行い有意差があるかを求めた。Q3 は Rival 条件が Teammate 条件に比べて有意に高い ($p < 0.01$, $r = 0.331$), Q4 は Rival 条件が Teammate 条件に比べて有意に高い ($p < 0.05$, $r = 0.325$), Q5 は Rival 条件が Teammate 条件に比べて有意に高い ($p < 0.001$, $r = 0.544$)

Q8 で Rival 条件を選んだ人は、39 人おり、Teammate 条件を選んだのは 21 人である。

Q8 で Rival 条件を選んだ人の回答に対して Wilcoxon signed-rank test を行い有意差があるかを求めた。結果は、図 4 である。Q8 で Teammate 条件を選んだ人の回答に対して Wilcoxon signed-rank test を行い有意差があるかを求めた。結果は、図 5 である。

SCO の値と共感的関心の値 (EC) のそれぞれに対して Rival 条件の質問項目の値から Teammate 条件の質問項目の値を引いた差分の値についてスピアマンの順位相関係数を求めた。結果は表 3 である。

3.6 考察

図 3 のアンケート結果全体に対する検定結果から仮説 1 が支持される。Rival 条件と Teammate 条件の比較を誘発する要素の操作は成功していると考えられる。

図 4,5 の結果から仮説 2 が支持され、それぞれの条件において自身の好んだソフトウェアに登場するエージェントからより動機づけを得られていることがわかる。

得られた結果から仮説 3 は支持されなかった。理

表 3: 相関係数

	EC	SCO
Q1	-0.240 [†]	-0.078
Q2	-0.200	0.056
Q3	0.041	-0.097
Q4	0.191	0.013
Q5	0.241 [†]	-0.249 [†]
Q6	-0.126	-0.025

由としては、INCOM が社会的比較の頻度や強さを表す尺度であり、社会的比較から得られる感情の正負を予測できなかったことが考えられる。社会的比較志向性が高かった場合でも比較結果が負の印象を与えた場合 Rival 条件への評価は下がると考える。Q7 の回答または Q8 の選択理由について尋ねた回答にて、8 人が競争を忌避するコメント述べた。8 人の SCO は、平均 16.4 (標準誤差: 1.41) で最小は 11、最大が 24 であった。この結果から社会的比較志向性が高い場合でも競争を忌避する可能性を考えられる。

得られた結果から仮説 4 は一部支持された。表 3 と図 6 から Rival 条件と Teammate 条件のどちらの評価が高いかは共感的関心から予測できると考える。EC と Q2 の相関係数は、予想していた値は得られなかった。仮説 4b が支持されなかった要因として、Teammate 条件の UI の評価が低かったことが挙げられる。Rival 条件の Q2 の値と EC の値には、有意傾向ではあるが負の相関 ($r = -0.24$, $p = 0.071$) があり、Teammate 条件の Q2 の値と EC の値に相関が得られなかったことから、Teammate 条件に要因があると考えられる。Teammate 条件の Q7 の印象に関する質問の回答及び Q8 の選択理由について尋ねた回答では、個人の成績の表示がないことを 5 名の参加者が指摘している (回答例: “I think the competition would drive me to improve my skills with the rival. The Teammate version would not allow me to see how well I am doing.”)。この UI に対する不満が長期利用への評価に影響していると考えられる。

Rival 条件の Q5 の値と SCO の相関は高くなく ($r = 0.13$)、Teammate 条件の Q5 の値と SCO の値には

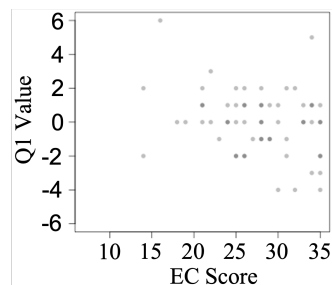


図 6: Q1 と EC の散布図

正の相関があった ($r = 0.26, p = 0.047$)。この二つの結果から、Q5 の差分の値と SCO の値は、SCO の値が高いほど 0 に近づく負の相関を持つことがわかる。Rival 条件では十分に比較を誘導していたために社会的比較志向性の差が現れなかったと考える。Teammate 条件では、比較を抑える設計をしていたため社会的比較志向性の影響が現れたと考える。これら二つの要因が合わさることで上記のような相関が得られたと推測する。

本調査では、ライバルを想起させる UI 及びエージェントとチームメイトを想起させる UI 及びエージェントの設計の評価を行うことができた。自身に適したエージェントによる動機づけを与えることを示唆し、競争と協力を人間の特性により使い分けるエージェントシステムの有用性が確認できたと考える。競争と協力に割り振るための人間の特性としては共感的関心が挙げられる。

本調査の課題としては、動画調査であるため実際に使用した際の感情や動機づけについては評価できない点が挙げられる。エージェントから動機づけを得ていても、どの点が有効に働いていたのかは不明である。短期間の使用によりエージェントとの関係性の評価や感情、動機づけの評価を行い、人間とエージェントの相互作用においてライバルやチームメイトを登場させることによる影響を調査する必要があると考える。

4 インタラクティブ調査

本調査では、10 人を対象に 5 日間行い最終日にアンケートと半構造化手法を用いたインタビューを実施する。作成したシステムにはライバルエージェントとチームメイトエージェントが存在しており、実験期間にどちらのエージェントと相互作用を行うかは、事前アンケートにより振り分ける。事前アンケートは、3 章の結果を基に INTERPERSONAL REACTIVITY INDEX (IRI) [17] の日本語版である日本語版対人反応性指標 [19] の共感的関心尺度を用いる。本実験は筑波大学システム情報系倫理委員会の審査を受けた審査承認番号 2022R675)

4.1 システムの実装

本調査で使用するシステムは、参加者が日本語話者であるため、実験は日本語を用いて行う。システム内容は、3 章にて作成したシステムのテキスト部分を和訳したシステムに必要な UI 及びデータ保存を追加したシステムである。データサーバーとして PlayFab, Inc. が提供する PlayFab を使用し、クライアント部分は Unity を用いて作成している。PlayFab はゲーム用バックエンドプラットフォームである。

4.1.1 機能

本ソフトウェアは、タイピング練習、タイピング課題、メニュー、説明の機能を持ち、タイピング課題を共に行う相手としてエージェントが登場する。

(1) タイピング練習

タイピング練習の UI は図 7a である。タイピングのルールは、3 章ソフトウェアと同様である。タイピングは 3 分間の時間制限を設けている。タイピング練習は、制限時間後に結果画面に遷移する。結果画面では、正確にタイプした回数（以下、クリアとする）から間違えてタイプした回数（以下、ミスとする）とスコア（クリアからミスを引いた値）が表示される。

(2) タイピング課題

タイピング課題に使用する UI は、図 1, 2 の UI を日本語にした UI に加え、エージェントをそれぞれライバル、チームメイトのラベルづけと人物画像を用いて表現する。

使用するエージェントの顔写真は、AC ワークス株式会社の提供する AI 人物素材（ベータ版）を用いて生成している。また、画像に対して GAN を用いた画像処理 [20] を用いた加工を加えており、人物画像から具体的な年齢を認識できないようにしている。使用した人物画像は図 8 であり、男性に男性の画像を見せ、女性に女性の画像を見せる。また、性別を回答しない場合も男性の画像を見せる。

タイピング課題の流れは、1. エージェントからの

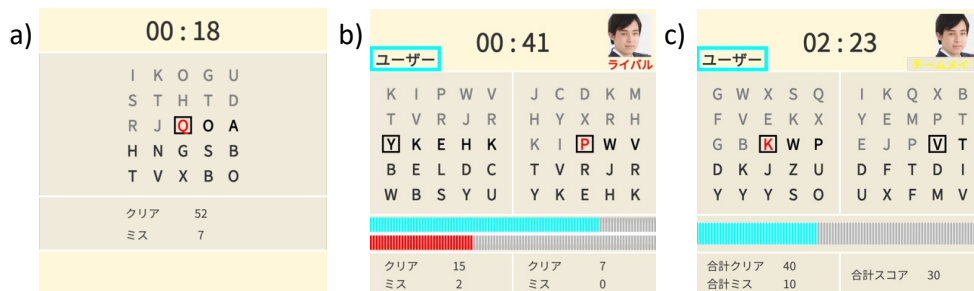


図 7: タイピング UI (a はタイピング練習, b はタイピング競争, c はタイピング協力)

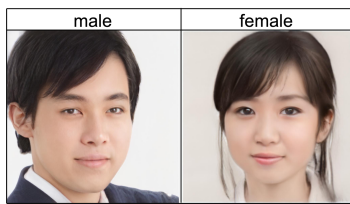


図 8: エージェントの顔画像

テキスト表示, 2.タイピング競争又は協力, 3.結果表示となる.

2 は, 3 分間行い, 1 から 3 までを終えたのちに, 1 に戻る. 1 回のタイピング課題では, 1 から 3 の流れを 3 回繰り返す.

1 のエージェントからのテキスト表示の UI は図 1, 2a を日本語で表現した UI であり, エージェントの部分は, 図 7b, c と同様にテキストと人物画像で表現される. 図上部分のテキストは, エージェントからの発話であると説明をしている. テキストは, 条件によって変化する.

2 のタイピング競争の UI は図 7b であり, タイピング協力の UI は図 7c である. 左側はユーザがタイプする文字列, 右側はエージェントがタイプしている文字列と説明する. タイピングのルールに関しては, タイピング練習と同様である.

文字列より下の部分はそれぞれのスコアを示している. このスコア表示は, エージェントのタイプによって変化する.

エージェントの能力は, 使用者のクリアとミスの値と能力の倍率を与えることで制御する. クリアとミスの値から使用者の 1 タイプにかかる時間とミス率(%)を算出する. 使用者の 1 タイプにかかる時間に能力の倍率をかけたものがエージェントのタイピング能力である. 1 タイプにかかる時間経過ごとに 0 から 100 までの乱数を生成し, 乱数がミス率(%)の値より下である場合, 「エージェントが間違えたタイプをした」とし, 値以上である場合, 「エージェントが正確にタイプをした」とする. 倍率はソフトウェアにログインした際に値が 1 に初期化されるため, 倍率の最大値は 1.2, 最小値が 0.8 である.

3 の結果表示の UI は図 1, 2c を日本語で表現した UI であり, エージェントの部分は, 図 7b, c と同様にテキストと人物画像で表現される. 結果表示のテキストは, 条件によって変化する

(3) メニュー

メニューの UI が図 9 である. メニューには各モード (説明, タイピング練習, タイピング課題) へ遷移するボタンがあり, 各モード終了時にはメニューへ遷移する. 画面左に表示される内容はエージェントのタイプによって異なる.

(4) 説明

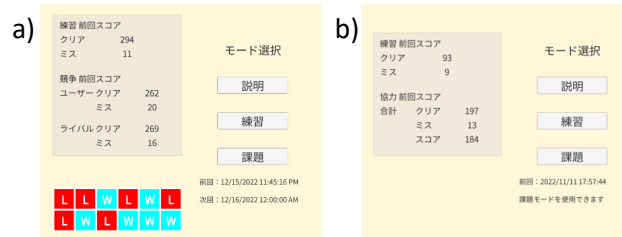


図 9: メニュー(a はライバル, b はチームメイト)

説明には, 各モードの UI の説明を閲覧することができる. 初回ログイン時には, 説明モードへ遷移するボタンのみ使用可能としている.

4.1.2 エージェントのタイプによる差異

ライバルエージェントでは, 比較を多用させ勝敗の積み重ねによりライバルと感じさせることを目指す. チームメイトエージェントでは, 比較をさせず協力の積み重ねによりチームメイトと感じさせることを目指す.

全体を通してライバルエージェントはライバルとラベル付けされ, チームメイトエージェントでは, チームメイトとラベル付けされる.

チームメイトエージェントの使用者に表示するテキストは, 評価値に合わせて表 4 からランダムに選ばれた非評価テキストと条件によって異なる事前に用意した協力テキストを繋げたテキストである. 評価値は使用者またはエージェントのスコアの低い値を低い値で割った値であり, エージェントが高い場合は計算結果に-1 倍する. 条件は実施時が何日目の何回目であるかに加え, 使用者のスコアがエージェントのスコアを上回ったかである. 例えば, 「あなたのスコアは, 優れています 先ほどは負けてしまいましたが, 次回も楽しみです」が表示される. 使用者に表示するテキストは, 相手の能力に言及せず, 自身または 2 人の成果の評価と次の課題へのコメントとなるように作成している.

ライバルエージェントの使用者に表示するテキストは, 評価テキストと勝敗テキストを合わせたものが表示される. 評価テキストは, 評価値と表 5 から決定され, 勝敗テキストは, 事前に用意したのから条件に沿って選ばれるテキストである. 条件は実施時が何日目の何回目であるかに加え, 使用者のスコアがエージェントのスコアを上回ったかである. 例えば, 「前回の課題は, 共に頑張りましたね. 次回もいい調子を維持できるように頑張らしましょう。」が表示される. 使用者に表示するテキストは, 相手の能力を評価するコメントと自身または 2 人の成果の評価と次の課題への言及となるように作成している.

表 4: チームメイトエージェントの評価テキスト

evaluation value	Text
>1.2	私は前回のタイピングで、成果を出すことができませんでした。
	私は前の課題で、うまく行きませんでした。
	私は前回、自分の能力が発揮できませんでした。
1.2>=>-1.2	前回の課題は、お互いに良くできましたね！
	前のタイピング課題は、2人で成果を出すことができました！
	前回は、共に頑張りましたね。
<-1.2	私は前回のタイピングで、成果に貢献できました。
	私は前回、自分の能力が発揮できました。
	私は前のタイピング課題で、うまく行きました。

タイピング課題のタイピング時の UI について、ライバルエージェントは、図 7b であり、それぞれの成績が数値とプログレスバーによって表現される。このスコア表示は、タイピング中視覚的に現在の差を伝達するために行なっている。チームメイトエージェントは、図 7c であり、個人の成績は表示せずにそれぞれの値を合算したチームのスコアを表示する。これにより比較の要素を減らし、合算として見せることで協力を演出する。タイピング課題の結果表示では、ライバルエージェントでは個々の成績と勝敗を表示し、チームメイトエージェントではチームとしての成績のみ表示する。

メニュー画面でのエージェントタイプの差は、過去の競争の結果表示の有無である。チームメイトエージェントのメニュー画面は図 9b であり、ライバルエージェントのメニュー画面は図 9a である。図 9b では、チームの成績のみ示し、図 9a では前回競争時の個々の成績及び行った競争の勝敗を表示する。これにより比較の回数を増やすと共に競争の歴史を表現する。

4.2 実験内容

事前アンケート及び実験説明を行った後に、事前アンケートをもとにライバルエージェントとチームメイトエージェントのどちらを割り当てるかを決定する。参加者はアカウント作成後、ソフトウェア上で使い方の説明を受け、タイピング練習を一度行うことでタイピング課題に進むことができる。

実験説明を行った日から 5 日間を実験期間とし、毎日 1 度のタイピング課題を行う。実験期間の最終日の課題が終わった後に、アンケートとインタビューを実施する。

アンケートは、5 章で使用した表 1 を和訳した表 6 (1. 全く違うと思う。 -7. 全くそうと思う。 の 7 段階評価) と The Situational Motivation Scale (SIMS)[21] を本実験に合わせて和訳したものを使用する。SIMS は、状況的な動機づけを内発的動機づけ (Intrinsic motivation), 同一化的調整 (Identified regulation), 外的

表 5: ライバルエージェントの評価テキスト

evaluation value	Text
>1.2	あなたのスコアは、まだまだです
	あなたのスコアは、普通です
	あなたのスコアは、平凡ですね
1.2>=>-1.2	あなたのスコアは、良いですね
	あなたのスコアは、優れています
	あなたのスコアは、優秀です
<-1.2	あなたのスコアは、とても優れています
	あなたのスコアは、とても見事です
	あなたのスコアは、とても素晴らしいですね

調節 (External regulation), および無動機づけ (Amotivation) の構成要素で評価することができる。内発的動機づけは、直接参加することで得られる喜びや満足のために行う行動を指す。同一化的調整は、活動を個人的目標にとって重要だと思うようになったときに起こる、比較的自律的な行動を指す。外的調節とは、報酬、脅しなどの外部からコントロールされた要因により行われる非自律的な行動を指す。無動機づけは、活動に価値を置いていない場合に起こり得る意欲を持っていない行動を指す[22]。

インタビューは、事前に決められた質問と得られた回答を深く質問していく半構造化手法のインタビューを行う。事前に決定していた質問は表 7 である。

インタビュー終了後にデブリーフィングを行う。実験説明では、5 日間の実験期間のほかに翌週にもう一度同じエージェントとタイピング課題に参加することを説明している。この実験設定は 5 日間の実験期間終了と共にエージェントとの関係が終了した

表 6: アンケート内容

Q1	このソフトウェアを使いたいと思う。
Q2	このソフトウェアは1年間飽きずに使えると思う。
Q3	ソフトウェアに登場するチームメイトより自身の能力が高いと感じると嬉しい。
Q4	ソフトウェアに登場するチームメイトより自身の能力が低いと感じると悔しい。
Q5	ソフトウェアに登場するチームメイトに勝ちたい。
Q6	ソフトウェアに登場するチームメイトのことを考えると、タイピング能力向上の意欲が湧く。

表 7: インタビューでの質問内容

Q1	タイピングへのモチベーションの変化はあったか？
Q2	タイピングへの自信はどれくらいありますか
Q3	タイピングへの必要性はどのくらい感じていますか
Q4	エージェントに対する印象は？
Q5	エージェントの能力と自分の能力を比較することはあったか？
Q6	エージェントとの関係性をどのように感じたか？
Q7	エージェントとの課題をやる際にプレッシャーはあったか？
Q8	3回のタイピングのスコアの上がり下がり原因は？
Q9	課題外でのエージェントの影響はあったか？
Q10	競争心の変化はあったか？

と感じさせないためである。Converseらは、ライバル関係には未来でまた勝負が行われるという認識が重要であると述べており[12]、関係が終了したと感じさせないことが必要である。デブリーフィングでは、5日間の実験期間終了と共に実験は終了であり、翌週にタイピング課題を実施する必要がないことを述べ、実験設定の意図について説明をしている。

4.3 結果

参加者は10名（平均年齢：23.5歳，男性8名，女性2名）であった。共感的関心については、平均25.4，中央値26.5であり，中央値以上の参加者にはチームメイトエージェントを割り当て，中央値以下の参加者にはライバルエージェントを割り当てた。チームメイトエージェントを割り当てられた参加者は男性4名，女性1名の5名（平均年齢：23.6，共感的関心の平均：28.6）であった。ライバルエージェントを割り当てられた参加者は男性4名，女性1名の5名（平均年齢：23.4，共感的関心の平均：22.2）であった。

SIMSのスコアの平均についてまとめた表が表8である。IMは内発的動機づけ(Intrinsic motivation)，IRは同一化的調整(Identified regulation)，ERは外的調節(External regulation)，AMは無動機づけ(Amotivation)である。

表6の回答の平均をまとめた結果が表9である。

4.4 考察

4.4.1 ソフトウェア全体に対する考察

初日の正解数の平均と最終日の正解数の平均についてWilcoxon signed-rank testを行った結果，最終日の正解数が有意に初日の正解数より高かった ($p = 0.0020, z = -2.803, r = 0.886$)。この変化は，慣れによる得点の向上が大きいと考える。インタビューでは，普段行われることのないタイピングの形式である点と日常のタイピングで打つ頻度の少ないキーへの言及があった。本実験で使用したシステムへの不慣れな点を強く感じており，複数回の課題を通して慣れ

表8: SIMSの平均

Mean	IM	IR	ER	AM
Teammate	3.4	3.35	4.45	2.5
Rival	3.4	3.6	4.3	2
Total	3.4	3.475	4.375	2.25

表9: アンケートの回答平均

Mean	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Teammate	4	2.8	5.8	5.6	5.4	4.4
Rival	4	3	5.4	5.2	4.6	5
Total	4	2.9	5.6	5.4	5	4.7

を獲得していったと考える。

SIMSの結果について平均をまとめた表8から今回のエージェントシステムから強い動機づけは得られていないと考えられる。先行研究[21][23]を参考に比較をしたときに，内発的動機づけと同一化的調整の値は先行研究に対して比較的低く，外的調節の値は先行研究に対して比較的高い値であったことからわかる。

4.4.2 チームメイトエージェントに対する考察

チームメイトエージェントと課題を行った参加者に対してチームメイトという関係性を強く感じさせることはできなかったと考える。チームメイトエージェントを使用した全ての参加者は協力しているという感情を強く抱くことができなかったと述べている。この点が，関係性に対する印象に影響を与えていたと考える。

継続的な使用による関係の強化は起こる可能性がある。Teammate4は，5日間で助け合いの精神が増していったことをインタビューで述べており，関係性の強化を確認できたと考える。

協力しているという感情が生まれにくかったのは，タイピング課題の構造と考えられる。Teammate5は，課題内で相手を助ける要素が不鮮明であったと述べている。本実験ではチームの目標値や他者の存在により発生するボトルネックといったチームメイトの能力を気にしなければいけない要素が存在しなかった。参加者は自身の能力に焦点を当てることが重要になってしまったことで，チームメイトとの助け合いの感情が得られなかったと考える。

4.4.3 ライバルエージェントに対する考察

本実験では，ライバル関係を構築し使用者に動機づけを与えることができなかった。しかし，Rival2は実験期間において競争心が増加したと述べている。エージェントとの対戦を繰り返し続けることで関係を強化し，エージェントがライバルと認識される可能性が示唆された。

エージェントとの競争による動機づけを3名の参加者が得られてないと述べており，インタビューにより2点の原因が考えられる。

1点目はエージェントの能力設定である。エージェントの能力はタイピング能力の高低に関わらず同じ倍率で算出していた。タイピング能力が高い参加者は，能力の高すぎるエージェントと対面することになった。Rival1の参加者はタイピング能力が高く，インタビューではスコアの差が大きくなると競争心

に影響を与えていたことを示している。

2 点目の原因はエージェントを社会的存在として認知していないことである。Rival5 はエージェントについて、基準のように感じていたと述べている。Rival5 は、5 日間同じエージェントと競争を行っていた意識はなくキャラクターとして見ていたと述べており、対戦相手のエージェントはゲームに登場する障害としてのキャラクターと認知されていたと考える。Rival3 は、自身の勝敗がシステムに対して制御されていると感じたことがエージェントに対する競争心を抱けなかった原因であると述べており、エージェントを社会的な存在として見られなかったことに起因すると考える。

5 貢献と制約

5 日間の実験により参加者全員のタイピング能力向上が見られたが、慣れによる影響が大きいと考えられる。

エージェントシステムによる動機づけは得られなかった。参加者は、オンライン上で 5 日間課題を課されているという認識があり、内発的動機づけに結びつかなかったと考えられる。

参加者は、エージェントに対してライバルやチームメイトのように強い関係性を想起していなかった。しかし、エージェントに対する競争心や連帯感の向上が報告されており、同一エージェントと課題を続けることで関係性の強化が示唆される。

3 章から共感的関心とソフトウェアに対する評価の相関が得られたが、強い相関ではなかった。現在の手法より最適なエージェントを提案するためには、ライバルとチームメイトを振り分ける尺度の探求をしていく必要がある。社会的比較志向性や共感的関心のような 1 次元の尺度ではなく、複数の特性を計測することが考えられる。例えば、ゲーミフィケーションにおけるユーザの嗜好を計測する The Gamification User Types Hexad Scale[23]が挙げられる。

4 章の実験のチームメイトエージェントを用いた参加者のシステムの評価及びインタビュー内容からチームメイトの関係性を構築するためには協力していることをより強く感じさせるタスク構造が必要であることがわかった。ケーラー効果についての研究[14]では、エージェントと人間の成績の悪い方をチームの成績にすることで不可欠性を人間に提示している。課題に協力を組み込む上で、人間に不可欠性を感じさせる構造を作成する必要がある。

エージェントの能力を使用者の能力に基づき算出する上で汎用性のある算出式を作成することが課題である。4 章の実験では参加者の能力を基にエー

ジェントの能力を決定していたが、参加者の能力の高さによる影響を考慮できていなかった。使用者の能力の高低を考慮したエージェントの能力の算出式を作成し、エージェントの能力について評価を行うことが課題となる。

6 結論

本研究では、継続的な競争または協力において人間とエージェントの関係性を構築するエージェントを設計し、関係性を構築したエージェントとの競争及び協力により動機づけや人間のパフォーマンスの向上を与えることができるか調査した。オンライン調査では、ライバルエージェントとチームメイトエージェントによる動機づけの有効性を確認できた。参加者実験では、ライバル、チームメイトと感じさせ動機づけをもたらすことができなかった。しかし、5 日間の実験を行い、継続的な競争または協力により関係が強化されることが確認でき、エージェントをライバル、チームメイトと感じさせる可能性を示唆する。参加者実験の定性的評価によりエージェントの能力設定やタスク設計について課題を得ることができた。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18KT0029 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Chase, Catherine. C.Chin., Doris, B.Oppezzo., Marily, A.Schwartz., Daniel, L.: Teachable Agents and the Protégé Effect: Increasing the Effort Towards Learning, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 18, pp. 334-352,(2009)
- [2] Sean, Andrist., Bilge, Mutlu., and Adriana, Tapus.: Look Like Me: Matching Robot Personality via Gaze to Increase Motivation, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*, pp. 3603–3612, (2015)
- [3] Santhanam, R., Liu, D., and Milton Shen, W.-C.: Gamification of technology-mediated training: Not all competitions are the same, *Information Systems Research*, Vol. 27, No. 2, pp. 453–465, (2016)
- [4] Shaw, LA., Buckley, J., Corballis, PM., Lutteroth, C., and Wuensche, BC.: Competition and cooperation with virtual players in an exergame, *PeerJ Computer Science*, Vol. 2, pp. e92, (2016)

- [5] Brown, J. D., Novick, N. J., Lord, K. A., and Richards, J. M.: When Gulliver travels: Social context, psychological closeness, and self-appraisals, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 62, No. 5, pp. 717–727, (1992)
- [6] Cash, T. F., Cash, D. W., and Butters, J. W.: “Mirror, Mirror, on the Wall...?”: Contrast Effects and Self-Evaluations of Physical Attractiveness, *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 9, No. 3, pp. 351–358, (1983)
- [7] Lockwood, P.: Could it happen to you? Predicting the impact of downward comparisons on the self, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 82, No. 3, pp. 343–358, (2002)
- [8] Kilduff, G. J.: Driven to Win: Rivalry, Motivation, and Performance, *Social Psychological and Personality Science*, Vol. 5, No. 8, pp. 944–952. (2014).
- [9] Rita, Orji., Lennart, E. Nacke., and Chrysanne, Di, Marco.: Towards Personality-driven Persuasive Health Games and Gamified Systems, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*, pp. 1015–1027, (2017)
- [1 0] 長峯 聖人, 外山 美樹.: 制御焦点とチームメイトとの関係, *教育心理学研究*, Vol. 69, No. 2, pp. 175–186, (2021)
- [1 1] Kilduff, G. J., Elfenbein, H. A., and Staw, B. M.: The psychology of rivalry: A relationally dependent analysis of competition, *Academy of Management Journal*, Vol. 53, No. 5, pp. 943–969, (2010)
- [1 2] Converse, B. A., and Reinhard, D. A.: On rivalry and goal pursuit: Shared competitive history, legacy concerns, and strategy selection, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 110, No. 2, pp. 191–213, (2016)
- [1 3] Feltz, D. L., Irwin, B., and Kerr, N.: Two-player partnered exergame for obesity prevention: using discrepancy in players' abilities as a strategy to motivate physical activity, *Journal of diabetes science and technology*, Vol. 6, No. 4, 820–827, (2012)
- [1 4] Samendinger, S., Forlenza, S. T., Winn, B., Max, E. J., Kerr, N. L., Pfeiffer, K. A., and Feltz, D. L.: Introductory dialogue and the Köhler effect in software-generated workout partners, *Psychology of Sport and Exercise*, Vol. 32, pp. 131–137, (2017)
- [1 5] Gibbons, F. X., and Buunk, B. P.: Individual differences in social comparison: Development of a scale of social comparison orientation, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 76, No. 1, pp. 129–142, (1999)
- [1 6] Schneider, S. M., and Schupp, J.: Individual differences in social comparison and its consequences for life satisfaction: Introducing a short scale of the Iowa–Netherlands Comparison Orientation Measure, *Social Indicators Research*, Vol. 115, No. 2, pp. 767–789, (2014)
- [1 7] Davis, M. H.: Individual differences in empathy: A multidimensional approach; *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*, Vol. 10, pp. 85–104, (1980)
- [1 8] Pang, Y., Song, C., and Ma, C.: Effect of Different Types of Empathy on Prosocial Behavior: Gratitude as Mediator, *Frontiers in Psychology*, Vol. 13, (2022)
- [1 9] Himichi, T., Osanai, H., Goto, T., Fujita, H., Kawamura, Y., Davis, M. H., and Nomura, M.: Development of a Japanese version of the Interpersonal Reactivity Index, *The Japanese journal of psychology*, Vol. 88, No. 1, pp. 61–71, (2017)
- [2 0] Singh, Chandan & Balakrishnan, Guha & Perona, Pietro.: Matched sample selection with GANs for mitigating attribute confounding. (2021)
- [2 1] Guay, F., Vallerand, R.J. and Blanchard, C.: On the Assessment of Situational Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS), *Motivation and Emotion*, Vol. 24, No. 3, pp. 175–213, (2000).
- [2 2] Standage, M., Duda, J. L., Treasure, D. C., and Prusak, K. A.: Validity, Reliability, and Invariance of the Situational Motivation Scale (SIMS) across Diverse Physical Activity Contexts, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, Vol. 25, No. 1, pp. 19–43, (2003)
- [2 3] Gustavo F. Tondello, Rina R. Wehbe, Lisa Diamond, Marc Busch, Andrzej Marczewski, and Lennart E. Nacke.: The Gamification User Types Hexad Scale, *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY '16)*, pp. 229–243, (2016)