

# ユーザの状態観測に基づく戦略行動の動的変更によるエンゲージメント向上

Improving engagement of users by changing agent's strategy action dynamically based on the observed user's state

陶山 昂司                      大本 義正                      西田 豊明  
Takashi SUYAMA              Yoshimasa OHMOTO              Toyoaki NISHIDA

京都大学大学院情報学研究科

Undergraduate School of Informatics and Mathematical Science, Faculty of Engineering, Kyoto University

We aim to induce interaction between agents and people with people guessing agent's intention, or improve the engagement of users with agents. We propose the method of changing the strategy dynamically based on estimated user's state. In the proposing method agents present goal oriented purpose to have people guess agent's intention and induce interaction with users when users are not willing to take interaction with agents. We propose the agent component model which realizes our proposing method by determining the intention from the environment and user's condition and changing strategy dynamically. To evaluate proposing agent, we held the experiment in which users play the task, virtual-real exercising game, with the agent. As a result of experiment, proposing agent could improve the engagement of participants. It is suggested that by proposing method you can improve the engagement of users and induce people taking interaction with the agent with guessing agent's intention.

## 1. はじめに

近年人間とエージェント間のインタラクションの研究が進んでおり [1], 将来的にはユーザと人間同士のようインタラクションを長期的にとりユーザに助言・動機づけを行なうパートナーエージェントの開発が期待される。

しかし, エージェントがパートナーとしてユーザとインタラクションを行なう際には身体性, 言語能力など様々な問題点が存在する。その中でも, エージェントの能力の問題ではなくユーザのエージェントに対する姿勢の問題点として, ユーザがエージェントの意図を分かろうとしない点, そもそもユーザがエージェントとインタラクションをとらない点が挙げられる。

横山らの研究 [2] によれば, 人間はインタラクションを行なう中で相手の意図を推定し他者モデルを構築することで行動を決定する。そのため, ユーザにエージェントの行動意図を推定させなければインタラクションをとることが難しい場合が存在する。Roubroeks の研究 [3] によれば, 洗濯機を使用する際のアドバイスにおいて, 人はテキストのみによるアドバイスよりもロボットエージェントによるアドバイスに対して強い心理的抵抗を示す。これは, ユーザがエージェントの行動意図を認識せず, ユーザのことを考えたアドバイスであると捉えないために生じたものだと考えられる。

Rogers らは, 車を運転する人間に対して走行ルートを提案するエージェントの研究を行い [4], ユーザの手入力によるインタラクションにより嗜好モデルを構築し, ユーザの嗜好にあったルートを提案することで満足度が向上することを確認した。しかし問題点として, インタラクションを長時間とることが難しい環境である点, ユーザがインタラクションをとることをやめてしまうという点が挙げられている。

以上のことから, ユーザ・エージェント間で人間同士のようインタラクションを成立させるためにはユーザにエージェントの意図を推定させること, 能動的にユーザに働きかけ, イン

タラクションを引き出すことが重要であると考えられる。エージェントの意図を推定させる研究として古谷の研究 [5] が挙げられる。古谷は Denett の志向姿勢の概念 [6] を取り入れ, ユーザがエージェントに対して志向姿勢になる, すなわちエージェントを意図をもった存在と見なすことを目指した。その中でエージェントが目的達成のための行動を動的に変更して目的志向性を提示することで, エージェントの意図を推定させることが可能であるとした。しかし, この研究ではエージェントの行動に対するユーザの反応によって行動を変化させたため, エージェントとユーザがインタラクションをとり続ける必要があるという問題がある。

上記の研究を踏まえ, 本研究ではユーザがエージェントの意図を推定しインタラクションをとること, すなわちユーザのエージェントに対するエンゲージメントを向上させるエージェントの設計を目指す。

本稿では第2章で提案手法について説明し, 第3章で行なった評価実験について述べる。第4章で実験の結果についての議論を行ない, 第5章でまとめとする。

## 2. 提案手法:動的戦略変更

### 2.1 動的戦略変更

前述のことからユーザにエージェントの意図を推定させるためには目的達成のための行動を動的に変更し, 目的志向性を提示することが重要であるといえる。しかし, 先行研究ではインタラクションをとり続けなければいけないという問題がある。また, インタラクションを能動的に引き出すためにユーザに対してインタラクションに対する動機づけを行なう必要がある。しかし, 同じ行動を繰り返すだけではユーザのエージェントに対する姿勢が設計姿勢に落ちてしまうと考えられる。

そこで本研究ではユーザの状態を観測し, エージェントのとる行動をユーザ及び周囲の状態に基づいて動的に変更する動的戦略変更という手法を提案する。ユーザ及び周囲の状態に基づいて行動を変更するため明示的なインタラクションをとり続けることなく目的志向性を提示することが可能であり, ユーザ状態を観測しインタラクション意欲が低いと判断した場合のみ動機づけ行動を行なうことで, ユーザのエージェントに対する

連絡先:

陶山 昂司  
京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻  
suyama@ii.ist.i.kyoto-u.ac.jp

姿勢が設計姿勢に落ちることなくインタラクションを引き出すことが可能であると考えられる。

## 2.2 エージェントモデル

本研究で提案するエージェントのコンポーネント図を図1に示す。

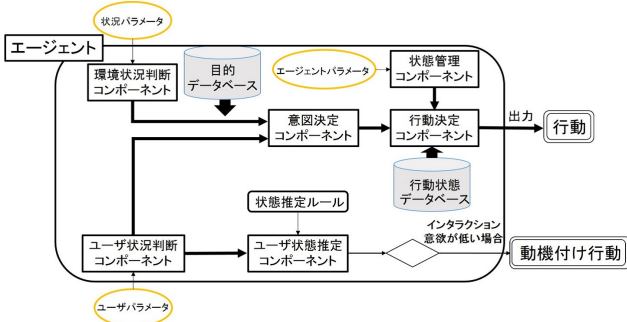


図1: エージェントのコンポーネント図

図1 上部が目的志向性を提示する部分である。エージェントは目的をデータベースとして保持し、周囲の状況に応じた目的をもつ。そしてユーザの状況に応じて目的に対する意図を動的に変更することで出力する行動を変化させ、目的志向性を提示することができると考えられる。

図1 下部がユーザの動機づけを行なう部分である。エージェントは常にユーザの状態を観測し、保持しているルールに基づきユーザのインタラクションに対する意欲が低いと判断した場合にのみ動機づけを行なうことでインタラクションを引き出すことができると考えられる。

## 3. 評価実験

### 3.1 実験の目的

ユーザの状態観測に基づく動的戦略変更による目的志向性の提示、動機づけの効果を検証する。目的志向性を提示することで、ユーザにエージェントの意図を推定させることができると考えられ、動機づけによってインタラクションを引き出すことができると考えられる。

### 3.2 タスク設定: VR 運動ゲーム

本研究では三次元仮想空間で行なう「VR 運動ゲーム」をタスクとして用いる。実際に運動することでアバタを操作するため、タスクに対する意欲の指標として移動量を用いることが可能である。

#### 3.2.1 タスクのルール

基本的なルールを以下に示す。

- 3人で行なう対戦ゲームであり、人間2人とエージェント1人で行なう。
- 任意の相手プレイヤーにボールを当てることで得点を加算すると同時に相手の得点を減らし、ゲーム終了時の得点で勝敗を競う。

#### 3.2.2 エージェントの行動方針

エージェントは「一位をとる」、「参加者の動機づけを行なう」という目的をもって行動する。また、ユーザ状態観測の指標として得点、ボールを当てられた回数、移動量等を用いる。基本的に一位をとるために得点の高いプレイヤーを狙い、タスク

のルール上タスクに対する意欲がエージェントとのインタラクションに対する意欲と捉えられるため、指標から意欲が低いと判断された場合のみ動機づけ行動を行なう。

### 3.3 評価手法

本研究で提案するエージェント(以下、動的戦略変更エージェント)を評価するために、以下で説明する2種類のエージェントを比較に用いる。

#### 3.3.1 提案エージェント: 動的戦略変更エージェント

動的戦略変更による目的志向性の提示、動機づけ行動を行なう。

#### 3.3.2 比較対象1: 状態推定エージェント

ユーザの状態観測に基づく動機づけ行動のみを行なう。タスク中における戦略行動については最初に見つけたプレイヤーを狙うものとする。動機づけ行動によってインタラクションは増えると考えられるが、目的志向性の提示は行わないため、参加者はエージェントの意図を推定しないとされる。

#### 3.3.3 比較対象2: 時間発話エージェント

基本的な行動に加えて時間経過に応じた発話のみを行なう。動機づけ行動を行わないためインタラクションを引き出すことが出来ないと考えられる。

#### 3.3.4 評価に用いる指標

ユーザがエージェントにボールを当てた割合を用いる。ボールを当てる行為は本タスクにおける明示的なインタラクションであり、狙った割合がインタラクションの指標になるといえる。エンゲージメントが高い状態であれば、人間とエージェントを狙う割合は等しくなると考えられる。

また、アンケートによってどれほどエージェントの目的志向性を感じたかという主観的な評価を指標に用いる。これによりエージェントの動的戦略変更がユーザに意図を推定させることにどれほど有効であったかを評価できると考えられる。

### 3.4 参加者

本評価実験においては、情報学系の所属でない友人同士の人15組計30名の参加者について実験を行なった。参加者の内訳は19歳から32歳までの平均21.7歳(分散:6.37)の本学学生で、内男性が24名、女性が6名であった。

### 3.5 実験設定

参加者の8名ずつ計4組ずつについて動的戦略変更エージェント、状態推定エージェント、時間発話エージェントのいずれか1体とVR運動ゲームを行なってもらった。タスクは1回10分のゲームを3セット、計30分とした。全ての実験においてエージェントが参加者の状態を踏まえて考えながら行動するという教示を行なった。ゲームルールの説明とトレーニングを行なった後、VR運動ゲームを行なってもらった。

#### 3.5.1 実験環境: 没入型環境

本実験では、円形に8枚の大型ディスプレイを配置した没入型環境を使用した(図2(a))。また、参加者は自身の動作を検出するための5つのセンサ及びヘッドホンマイクを装着し(図2(b))、自身の身体を動かすことによってアバタを操作する。本実験では2台の没入型環境の中に1名ずつ入ってもらい実験を行なった。2台の没入型環境はネットワークでつながっており、同一のゲームに参加してもらった。

### 3.6 結果

簡略化のため、本節及び第4章では動的戦略変更エージェントを「動A」、状態推定エージェントを「状A」、時間発話エージェントを「時A」と記述する。



図 2: 実験環境

### 3.6.1 インタラクション評価の結果

#### タスク内のインタラクション

タスクにおいてエージェントが狙われた割合を計測した。ここでエージェントが狙われた割合とは、参加者 2 名がボールを当てて得点した回数に対するエージェントがボールを当てられた回数の割合とする。エンゲージメントが高ければこの割合は 0.5 に近づくと考えられる。そこで、各ゲームごとのエージェントが狙われた割合と 0.5 との差分を取得した。この値が小さいほど、人間とエージェントが平等に狙われていたといえる。

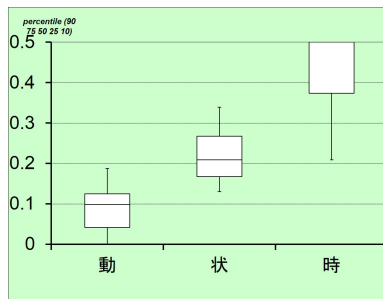


図 3: 各ゲームについてエージェントが狙われた割合が 0.5 から離れている度合いを取得した結果

得られた結果について分散分析を行なったところ、有意水準  $p < 0.01$  で有意差が見られた ( $p = 0.0001$ ) (図 3)。多重比較検定を行なったところ、動 A と状 A について有意差は見られなかったが ( $p = 0.368$ )、動 A と時 A、状 A と時 A の両方について有意水準  $p < 0.01$  で有意差が見られた (それぞれ  $p = 0.0001, p = 0.0003$ )。

#### タスク中の発話

次に、動 A と状 A の差を検証するためタスク中の発話数を計測した。発話としてはゲーム内で接触している際に相手に対して発話したとみられるもののみを、対参加者と対エージェントそれぞれについて計測した。得られた結果について 2 要因 2 水準分散分析を行なった結果、交互作用について有意水準  $p < 0.01$  で有意差が見られた ( $p = 0.0003$ ) (図 4) (図中 P...参加者に対する発話, 図中 A...エージェントに対する発話)。

また単純主効果について、参加者に対する発話数について動 A と状 A の間、動 A について参加者に対する発話数とエージェントに対する発話数の間には有意差は見られなかった。一方、エージェントに対する発話数について

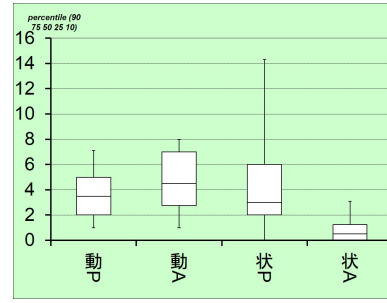


図 4: 参加者、エージェントに対する発話数を計測した結果

動 A の方が状 A よりも有意に多く、状 A について参加者に対する発話数の方がエージェントに対する発話数よりも有意に多いという結果が有意水準  $p < 0.01$  で見られた (それぞれ  $p = 0.0001, p = 0.0001$ )。

### 3.6.2 参加者による主観評価の結果

参加者の主観評価を調査するために主に 7 段階のリッカート尺度を用いてアンケートを行なった。本研究において特筆すべき以下の項目について、本実験における意味および結果を述べる。

1. エージェントの発言 (ボール投擲時, 被ヒット時以外) に意図は感じたか (1:全く感じなかった 7:非常に感じた)

エージェントは発話によって動機づけを行なうため、発話に意図を感じたかというのはエージェントの動機づけ行動の意図を推定したかどうかにか繋がる。また、動 A、状 A は発話によって動機づけを行なうが時 A は時間経過を示唆する発話を行なうだけであり、比較するエージェント間で差異のある部分である。

2. エージェントは参加者の得点を気にしていると思ったか (1:全く思わなかった 7:非常に思った)

動 A は得点を主として狙うプレイヤーを決定するため、エージェントが参加者の得点を気にしていると思うということはエージェントの行動の意図に気付いているといえる。よって、目的志向性の提示によって意図を推定させるという手法の有効性を評価する項目であるといえる。

#### エージェントの発言に意図は感じたか

H 検定を行なったところ、有意水準  $p < 0.05$  で有意差が

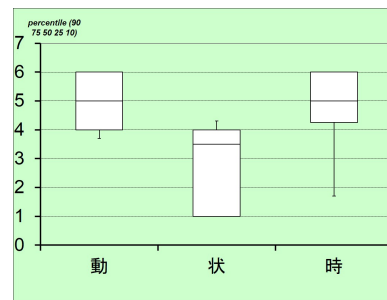


図 5: エージェントの発言 (ボール投擲時, 被ヒット時以外) に意図は感じたかという項目についてのアンケート結果

見られた ( $p = 0.046$ ) (図 5)。多重比較検定として U 検定を

行なったところ、有意水準  $p < 0.01$  で動 A の方が状 A よりも評価が高いという有意差が見られ ( $p = 0.009$ )、状 A と時 A については有意水準  $p < 0.05$  で時 A の方が状 A よりも評価が高いという有意差が見られた ( $p = 0.015$ )。

エージェントは参加者の得点を気にしていると思ったか

H 検定を行なったところ、有意水準  $p < 0.01$  で有意差が見

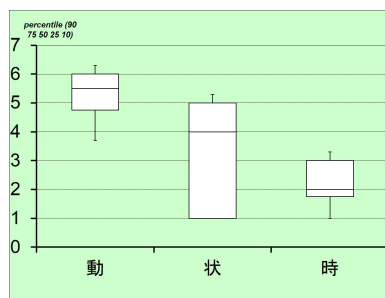


図 6: エージェントは参加者の得点を気にしていると思ったかという項目についてのアンケート結果

られた ( $p = 0.0097$ ) (図 6)。多重比較検定として U 検定を行なったところ、有意水準  $p < 0.01$  で動 A の方が時 A よりも評価が高いという有意差が見られた ( $p = 0.0003$ )。また、状 A と時 A の間には有意差は見られなかった ( $p = 0.131$ )。

#### 4. 議論

第 3.6.1 節の結果から、動 A、状 A についてはインタラクションを引き出すことができたといえる。しかし、参加者のエージェントに対する発話を引き出すことができたのは動 A のみであった。このことから、ユーザの状態観測に基づく動機づけ行動によってインタラクションを引き出すことが可能であり、よりエンゲージメントを向上させるためには目的志向性を提示することでユーザにエージェントの意図を推定させることが重要であることが示唆される。

また第 3.6.2 節の結果から、動 A については動機づけ発話、時 A については時間示唆発話に意図を感じたと考えられる。しかし、動 A と状 A については同様の発話を行っているにもかかわらず有意差が見られた。これは、状 A は発話の内容に合致した行動をとらなかったことが原因であると考えられる。このことから、推測される意図に合致した行動をとっていることを見ることが意図を推定させるには重要であるといえる。また、動 A については得点の高いプレイヤーを狙うという意図をもって行動していることが伝わったと考えられる。これらのことから、目的志向性の提示によってエージェントの意図を推定させることができたといえる。

以上のことから、動的戦略変更によってユーザのエンゲージメントを向上させることが可能であることが示唆される。

#### 5. 結論

本研究ではユーザのエージェントに対するエンゲージメントを向上させることを目指した。ユーザの状態観測に基づき、目的志向性を提示することでユーザにエージェントの意図を推定させ、動機づけ行動を行なうことによってインタラクションを引き出す動的戦略変更という手法を提案し、提案手法を実現するエージェントモデルを構築した。モデルに基づき、タスク

として設定した VR 運動ゲームの中で提案手法を実現する動的戦略変更エージェントを設計し、評価実験を行なった。

評価実験の結果、目的志向性を提示することがユーザにエージェントの意図を推定させることに有用であるといえる。また、ユーザの状態観測に基づき動機づけを行なうことはインタラクションを引き出すことに貢献できるといえる。しかし、よりエンゲージメントを向上させるためには動機づけを行なうだけでなく目的志向性も提示する動的戦略変更という手法が有用である可能性が示唆される。

今後の課題として、ユーザにエージェントの意図を推定させることがエンゲージメントを長期的に維持させることにどれだけ貢献できるかを検証する必要がある。また、ユーザの状態観測がどの程度動機づけの効果を高めることに寄与するのか検証する必要がある。

#### 6. 謝辞

本研究の一部は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行われた。

#### 参考文献

- [1] Miwa, K.: Analysis of human-human and human-computer agent interactions from the viewpoint of design of and attribution to a partner, *4th Symposium on "Intelligent Media Integration for Social Information Infrastructure" December 7-8, 2006, p. 217-222* (2006).
- [2] 横山絢美, 岡田浩之, 大森隆司, 石川悟, 長田悠吾: 自者と他者の双方向行動調節による社会的インタラクションのモデル化, 第 21 回人工知能学会全国大会論文集, 2C5-7 (2007).
- [3] Roubroeks, M., Ham, J. and Midden, C.: When artificial social agents try to persuade people: The role of social agency on the occurrence of psychological reactance, *International Journal of Social Robotics*, Vol. 3, No. 2, pp. 155-165 (2011).
- [4] Rogers, S., Fiechter, C.-N. and Langley, P.: A route advice agent that models driver preferences, *Proceedings of the American Association of Artificial Intelligence Spring Symposium on Agents with Adjustable Autonomy*, pp. 106-113 (1999).
- [5] 古谷純: 目的志向行動提示による HAI における志向姿勢の誘発・維持, 修士論文, 京都大学情報学研究科修士論文 (2014).
- [6] Dennett, D. C.: *The intentional stance*, MIT press (1989).