

# 志向姿勢誘発・維持のための循環的意図更新モデル

The cyclical updating intention model for having users take and maintain the intentional stance

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 have users take and maintain the intentional stance in interaction with agents. We propose the cyclical updating intention model. In the proposing model agents have hierarchical network of intention which contains goals and purpose, and assume that users have the same model. Based on the network of intention, agents can present goal oriented purpose to have users guess agents's intention and have users take the intentional stance. In addition, agents can users guess agents's some intention model and maintain the intentional stance by updating intention through the interaction between them based on not only their purpose but also estimated users's purpose. To evaluate proposing model, we held the experiment in which users play the task, cooperative escaping game, with the agent. As a result of experiment, it is suggested that by proposing model you can have users take and maintain the intentional stance in interaction with agents.

## 1. はじめに

### 1.1 背景

近年社会の中でユーザとインタラクションを行なうエージェントが注目され、シリアスゲームにおけるエージェントの研究が進んでいる [1]. シリアスゲームにおけるエージェントの役割としてはユーザに対する指導及びフィードバック等が挙げられる。しかし、現在のエージェントの機能を向上させるだけでは担うことができない役割として、既存の知識を伝えるのではなく一人の存在としてユーザとコミュニケーションを行なう中で、新たな知見を得る手助けをするという役割が存在する。

Lim らは、ユーザが人が操作するアバタもしくはエージェントとゲーミングタスクを行なう実験を行った [2]. 結果として、エージェントに対してユーザはアバタに比べて実在性を有意に感じないことを明らかにした。これは、エージェントがコミュニケーションによって知見を得る手助けをするためには解決しなければならない課題である。

原因を考察するため、本研究では Denett の志向姿勢の概念を取り入れる [3]. 人はインタラクションの中で相手を意図を持った存在とみなす、すなわち志向姿勢をとるが、相手がエージェントである場合意図を持った存在とみなさない、すなわち設計姿勢をとってしまうため実在性を感じないと考えられる。また、志向姿勢であっても相手の行動原理が全て分かると設計姿勢に落ちてしまうという問題が存在する。そのため、ユーザのエージェントに対する志向姿勢を誘発し、長期的に維持する必要があると考えられる。

志向姿勢の誘発・維持を目指した研究として筆者の研究を取り上げる [4]. エージェントが目的達成のための行動を変化させる様子をユーザに見せることで目的志向性を提示し、ユーザのインタラクション意欲が低いと判断した場合にのみ動機づけ行動を行なうことで、志向姿勢を誘発しインタラクションを引き出すことができた。これにより、志向姿勢を誘発するために

は一貫した目的の中で行動を変化させる過程をユーザに提示することで、エージェントの目的を推定させることが重要であるとしている。しかし、ユーザ 2 人にエージェントを加えるという研究であったため、ユーザ同士のやりとりの中でエージェントを観察し志向姿勢を誘発できたと考えられる。そこで、本研究ではユーザ対エージェントのインタラクションの中で志向姿勢を誘発・維持することを目指す。

以上のことからエージェントが一人の存在としてコミュニケーションを行なうためには、ユーザがエージェントに対して意図を持った存在として接する、すなわち志向姿勢を誘発する必要があると考えられる。加えて、志向姿勢を維持するために行動原理を完全に把握させない必要がある。そのためには、エージェントが目的志向性を提示することでエージェントの目的を推定させること、そしてインタラクションの中でユーザの状態に合わせて行動を変化させることが重要だと考えられる。そこで本研究ではエージェントが自己の意図モデルを保持すると同時にユーザが持つであろう意図モデルを仮定する。そして、インタラクションの中で意図を更新することで目的志向性を提示するとともにユーザ状態に合わせた行動を提示し、志向姿勢の誘発・維持を目指すモデルを提案する。

### 1.2 関連研究

エージェントに他者の意図理解を実装する研究として、横山らの研究 [5] が挙げられる。横山らは、インタラクションにおいてユーザがエージェントと同様の意図モデルを持っていると仮定し、相手の行動から意図を推定して自己の行動を決定する受動的戦略、自己の意図を伝達するために自ら働きかける能動的戦略を提案した。結果として、能動的戦略によってユーザはエージェントがユーザの意図を推定していると考えたとしている。このことから、志向姿勢を誘発するためにはエージェントが自己の意図を提示することが重要であると考えられる。しかし、タスクが単純であったため意図が収束するまでの過程をみるものであった。本研究ではより複雑なタスクにおいて志向姿勢の維持を実現するモデルを提案する。

また、Dindo らは志向姿勢の概念を利用して他者の意図モデルを構築する手法を提案した [6]. Dindo らは人の意図モデルとして高次の行動、低次の行動の 2 層を定義し、観測した

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

行動からモデルの構造およびパラメータを学習するというアプローチをとり、ユーザの動作から意図を推定することに成功した。このことから、他者の意図推定を行なうためには意図モデルを階層的に構築しモデルを更新するという手法が有用であるといえる。しかし、Dindoらはエージェントがユーザの動作から意図を推定する実験を行なったが、ユーザのエージェントに対する意図推定は考慮していないため、志向姿勢を誘発することはできない。本研究ではゲーミングタスクを通してユーザの志向姿勢を誘発するモデルを提案する。

## 2. 提案手法:循環的意図更新モデル

前述のことから志向姿勢を誘発するためには、エージェントが一貫した目的の中で行動を変化させる様子をユーザに見せることで目的志向性を提示し、ユーザに目的を推定させることが重要であると考えられる。しかし、目的志向性を提示するだけではユーザのエージェントに対する意図推定は終了してしまい、志向姿勢を維持した継続的なインタラクションを行なうことは難しい。そこで、エージェントに高次な「目標」と低次な「目的」の階層的ネットワークをもつ意図モデルを保持させ、インタラクションの中でパラメータを更新することで循環的なインタラクションを実現する循環的意図更新モデルを提案する。提案モデルのイメージを図1に示す。

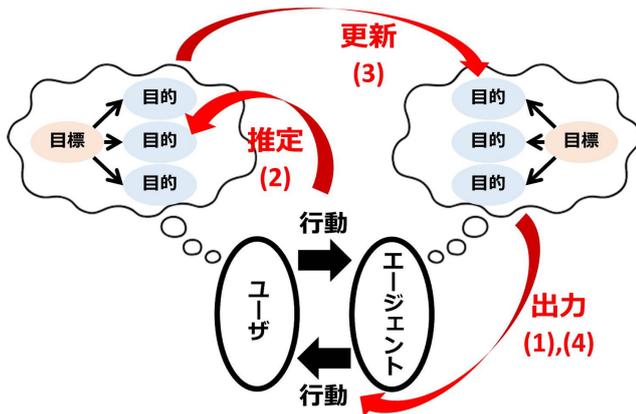


図 1: 循環的意図更新モデルイメージ

エージェントはタスクに応じた目標・目的の関係性意図モデルを保持しており、高次な目標に対して複数の低次の目的、行動を決定するためのパラメータが存在するという階層的なネットワークを構築している。パラメータはタスクに応じた状況パラメータ、目標と目的の関係性パラメータからなる。意図モデルはタスクに応じてあらかじめ設計し、エージェントは自己の意図モデル、ユーザが持つであろう同様のモデルを保持する。まず、エージェントは自己の目標から状況パラメータに応じた目的を設定し、行動を出力する(1)。次に、ユーザの行動からユーザの目的および目標を推定する(2)。ユーザの目標と自己の目標から自己の意図モデルパラメータを更新する(3)。パラメータの更新によって自己の目標に応じた目的が更新され、新たな行動を出力する(4)。以上の流れを循環的に繰り返す。

エージェントは自己の意図モデルを保持しユーザにも同様のモデルを仮定することで、目的志向性を提示しかつユーザの行動の目的、すなわちユーザの意図を推定することが可能となる((1), (2))。加えて提案モデルでは、従来の推定したユーザの意図からエージェントの意図を更新するという手法ではなく、ユーザの目標を踏まえた上で自己の目標を達成するため目的を

更新するという手法をとる((3), (4))。これにより、能動的に意図を伝達するだけでなくインタラクションの中でユーザの意図を考慮している様子を提示することで志向姿勢を維持することが可能になると考えられる。

## 3. 評価実験

### 3.1 実験の目的

提案モデルの有効性を検証する。ユーザの意図モデルを仮定しエージェントの意図を動的に更新することで、ユーザの意図を考慮した上で目的志向性を提示し志向姿勢を誘発・維持することが可能になると考えられる。

### 3.2 タスク:協力脱出ゲーム

タスクとしてスコア獲得制の協力脱出ゲームを用いた。

#### 3.2.1 ゲームルール

基本的なルールを以下に示す。

- ユーザとエージェントが協力してゴールを目指し、高いスコアをとることを目指す。
- スコアは獲得ゴールドとクリアタイムおよびボーナスで決まり、どのボーナスを狙うかに戦略性が存在する。
- エージェントの名前は不明であり、得点とは関係ないパネルを探することで名前を見つけることができる。
- エージェントとユーザは簡単な発話のみ可能。

このゲームにおいてユーザとエージェントの最終目標は一致しており、そのためのアプローチが多岐に渡るため互いの目的を考慮した行動選択を行なうことが可能である。

#### 3.2.2 エージェントの行動方針

エージェントがハイスコアをとることを目指す上で保持する意図モデルの略図を図2に示す。エージェントは宝石回収を目

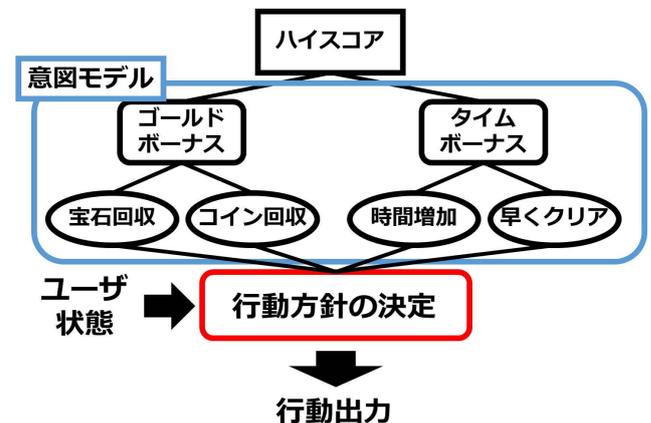


図 2: エージェントの意図モデルの略図

的とし、全ての宝石を集め終わったあとにゴールを目指す。その際、ユーザから回収を疎外する提案があった場合は明示的に拒否を行ない宝石の回収するという意図を示す。しかし、ユーザ状態から判断しユーザがコイン回収を目指している場合は協力を行なう。また、ユーザがタイムを重視していると判断した場合は最低限の宝石のみを回収しユーザに協力する。加えて、ユーザと進む方向が同じであった場合は方向を変え役割分担を行なう。これらの行動により、エージェントが自己の宝石を回

取る目的志向性を提示した上でユーザに協力する行動を提示することが可能であると考えられる。

### 3.3 評価手法

提案エージェント (以下、意図更新エージェント) を評価するため、以下のエージェントを比較に用いる。

1. 提案エージェント：意図更新エージェント  
宝石を回収するという目的を保持し、目的志向性を提示すると同時にユーザ状態から自己の意図を更新する。
2. 比較エージェント：目的志向エージェント  
宝石を回収するという目的のもと行動し、目的が達成されるまで意図の更新は行なわない。

#### 3.3.1 評価に用いる指標

ユーザがエージェントの名前を探した割合を指標として用いる。エージェントの名前はクリアを目的としただけでは見つからないようになっており、志向姿勢を誘発することができればエージェントが要求した時に名前を探すと考えられる。また、アンケートによる参加者の主観的評価を指標に用いる。

### 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計 16 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 33 歳までの平均 21.94 歳 (分散:13.43) の本学学生で、内男性が 11 名、女性が 5 名であった。

### 3.5 実験設定

参加者の 8 名ずつについて意図更新エージェント、目的志向エージェントのいずれか 1 体と協力脱出ゲームを行なってもらった。タスクは 1 回 8 分のゲームを 6 セットとし、エージェントはゲームに関係する簡単な英語であれば認識できるという指示を行なった。タスクを行なう際、エージェントの操作および音声認識は WOZ 操作で行ない、それぞれのエージェントについて前述の方針に基づいて行動した。また、エージェントは 5 ゲーム目と 6 ゲーム目の初めに名前を探してほしいという旨の発話を行なった。6 ゲーム終了後に、主観的評価取得のためのアンケートを行なった。

### 3.6 実験結果

#### 3.6.1 エージェントの名前を探した割合

アンケートの内エージェントの名前が分かったかどうかの項目について、エージェントの名前 6 文字のうち何文字を回答することができたかを取得した。なお、目的志向エージェント群については計測ミスにより 7 人分のデータとなっている。名前は離れた個所にばらばらに配置されているため、多くの文字数を回答している参加者については能動的に名前を探したといえる。逆に、文字数が少ないほど名前を探そうという意識が低かったといえる。得られた結果についてマン・ホイットニーの U 検定を行なったところ、有意水準  $p < 0.05$  で意図更新エージェントの方が評価が高いという有意差が見られた。 $(p=0.044)$  (図 3)

#### 3.6.2 参加者による主観的評価の結果

参加者の主観的評価を調査するために 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. エージェントが何を考えているのかを気にしていたか (前半・後半)  
(1:全く気にしていなかった 7:非常に気にしていた)

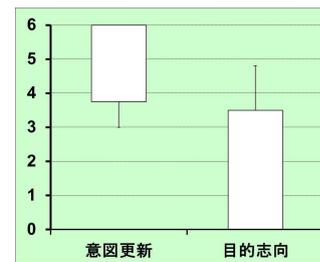
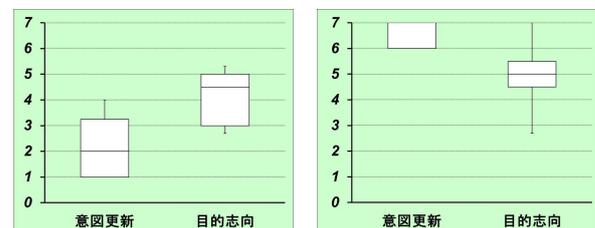


図 3: エージェントの名前 6 文字のうち回答した文字数を取得した結果

エージェントに対する志向姿勢を誘発できていれば、ユーザはエージェントの考えを気にすると考えられる。インタラクションの中での変化を観察するためアンケートの項目を 6 ゲームのうち前半、後半に分けて評価を取得した。



(a) 前半

(b) 後半

図 4: エージェントが何を考えているのかを気にしていたかという項目についてのアンケート結果

得られた結果についてマン・ホイットニーの U 検定を行なったところ、タスク前半の結果については有意水準  $p < 0.05$  で目的志向エージェントの方が評価が高いという有意差が見られ  $(p=0.035)$  (図 4(a))、タスク後半の結果については意図更新エージェントの方が評価が高いという有意傾向が見られた  $(p=0.063)$  (図 4(b))。

2. エージェントはとる行動を考えて決めていると感じたか (1:全く感じなかった 7:非常に感じた)

エージェントが目的を持ったうえでユーザの目的に配慮して行動していることが伝わったかどうかを評価する項目である。エージェントに対して設計姿勢であればこの評価は低くなると考えられる。

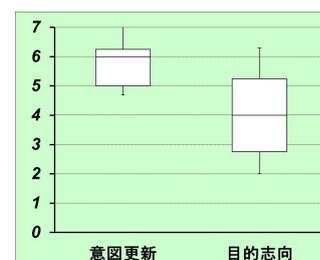


図 5: エージェントはとる行動を考えて決めていると感じたかという項目についてのアンケート結果

得られた結果についてマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、意図更新エージェントの方が評価が高いという有意傾向が見られた ( $p=0.085$ )(図 5).

3. エージェントはユーザと協力しようとしていると感じたか  
(1:全く感じなかった 7:非常に感じた)

エージェントがユーザの目的に配慮して行動していることが伝わったかどうかを評価する項目である。エージェントが自己の目的を保持していることが伝わるだけではこの評価は低くなると考えられる。

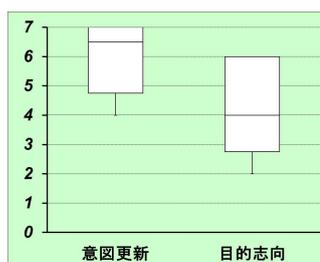


図 6: エージェントはユーザと協力しようとしていると感じたかという項目についてのアンケート結果

得られた結果についてマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、意図更新エージェントの方が評価が高いという有意傾向が見られた ( $p=0.063$ )(図 6).

## 4. 議論

第 3.6.1 節の結果から、ユーザは意図更新エージェントの名前を探してほしいという要求に対して目的志向エージェントよりも応えたといえる。目的志向エージェントについては 7 人中 4 人の参加者が 1 文字も回答しておらず、名前を探すという意識がなかったといえる。これは、エージェントに対して設計姿勢になっておりクリアのための協力者としかみなしていなかったことが原因だと考えられる。このことから、意図更新モデルによってユーザのエージェントに対する志向姿勢を誘発し、意図を持った協力相手とみなすようになったといえる。

また第 3.6.2 節の結果から、インタラクションの中でエージェントが何を考えているのかをユーザが気にするようになったといえる。このことから、目的に沿った行動のみしか行わない目的志向エージェントは、考えが分かりやすく前半の評価が高くなっているが後半になるにつれて設計姿勢に落ちた一方、意図更新エージェントについてはユーザに配慮した行動を提示することによって意図モデルを推測させ、志向姿勢を維持することができたと考えられる。また、両エージェントともに目的志向性を提示しているにも関わらずエージェントが考えて行動しているかの評価に有意傾向が見られたことから、意図更新モデルを保持することによって設計姿勢に落ちずに志向姿勢を維持できたことが示唆される。なお、エージェントが協力しようとしていると感じたかというアンケートの結果から、エージェントがユーザに配慮した行動をとっていることは伝わっていたと考えられ、志向姿勢の維持にはユーザに配慮した意図更新が重要であると示唆される。

以上のことから、ユーザに配慮した意図更新モデルによって志向姿勢の誘発・維持が可能になったと示唆される。

## 5. 結論

本研究ではゲーミングタスクにおいてユーザのエージェントに対する志向姿勢の誘発・維持を目指した。エージェントがユーザに自己と同様の意図モデルを仮定し目的志向性を提示するとともにユーザの目的に配慮した意図更新を行なう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協力脱出ゲームの中で提案手法を実現する意図更新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、提案手法によって志向姿勢の誘発・維持が可能であることが示唆される。目的志向性を提示するだけでは志向姿勢を誘発することができても維持することができず設計姿勢に落ちてしまうため、志向姿勢の維持には意図モデルを保持しユーザ状態に合わせて更新することが重要であることが示唆される。

今後の課題として、今回の実験ではタスクが短く意図モデルの循環的な更新までには至っていない。より長期的なタスクにおいて循環的意図更新によって志向姿勢を維持することが可能であるかを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。また、本研究は科研費若手研究 (B) (KAKENHI No. 25870353) の助成を受けている。

## 参考文献

- [1] Briot, J.-P., de Azevedo Irving, M., Mendes de Melo, G., Vasconcelos, J. E. F., Alvarez, I., Martin, S. and Wei, W.: A serious game and artificial agents to support intercultural participatory management of protected areas for biodiversity conservation and social inclusion, *Culture and Computing (Culture Computing), 2011 Second International Conference on, IEEE*, pp. 15–20 (2011).
- [2] Lim, S. and Reeves, B.: Computer agents versus avatars: Responses to interactive game characters controlled by a computer or other player, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 68, No. 1, pp. 57–68 (2010).
- [3] Dennett, D. C.: *The intentional stance*, MIT press (1989).
- [4] 陶山昂司, 大本義正, 西田豊明: 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, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 29, pp. 1–4 (2015).
- [5] 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).
- [6] Dindo, H., Donnarumma, F., Chersi, F. and Pezzulo, G.: The intentional stance as structure learning: a computational perspective on mindreading, *Biological cybernetics*, Vol. 109, No. 4-5, pp. 453–467 (2015).