

エージェントマイグレーションを用いた ユーザインタフェースの為の会話モデル

Dialogue models for interfaces using agent migration

山内 守^{1*} 峯野 太一¹ 今井 倫太¹
Mamoru Yamanouchi¹ Taichi Sono¹ Michita Imai¹

¹ 慶應義塾大学理工学部

¹ Faculty of Science and Technology, Keio University

Abstract: An agent which can migrate between various devices within an environment provides continuous assistance for the user and constructs an emotional relationship with familiarity and believability between humans and artifacts. However, for implementing this system structurally, it is necessary to formalize conditions when the agent should migrate and what interaction between the user and the agent is needed on the agent's task execution. In this study, we propose a framework for realizing a more natural human-agent interaction in agent migration system.

1 はじめに

社会の情報化に伴い、一人のユーザが複数の電子機器や情報端末を扱う場面が増えており、それぞれの機器との対話形式の違いへの対応がユーザへの負担となっている。多様なデバイスとの対話形式を一つに集約する為に、各デバイス間を移動可能なパーソナルエージェントに関する研究が行われており、単一のエージェントが多様なデバイス間を移動しながらも自身のアイデンティティを維持する、エージェントマイグレーションを用いたシステムが、対話形式の集約という問題に対して有用であると示した研究もある [1][2]。本研究では、エージェントマイグレーションシステム (以下、AMS) において、ユーザとエージェントがより自然なインタラクションを実現する為のフレームワークを提案する。

AMS においてユーザの負担を軽減して、エージェントとの円滑なインタラクションを実現するには、エージェントがユーザの抱く心理障壁を下げ、ユーザや周囲の環境に関する情報を取得して適切に行動を選択する必要がある。

AMS におけるヒューマンエージェントインタラクションに関する研究は多数行われている。例えば、小野ら [1] は、人とエージェントとの間に形成される感情を伴った関係性によって、AMS を通して人と人工物とのより自然なインタラクションを実現し、実証した。また、Arent [2] や Koay [3] は、AMS によってユーザが複数デバイスに対して抱く同一性がヒューマンエージェント

インタラクションに与える影響に着目した。

しかし従来研究は、インタラクションに影響を与えるユーザの心理特性に注目したものが多く、本質的なエージェントの行動決定の為の内部構造に焦点を当てた研究は少ない。AMS におけるエージェント移動の際に、エージェントがどのようなメカニズムに従ってどのような対話を行うとユーザとの自然なインタラクションを実現できるか、という問題を扱うのが重要である。

本研究では、エージェントの移動条件やユーザとの対話内容を、BDI モデルに基づいて決定するフレームワークを提案する。BDI モデルを用いると、エージェントは自身が内部に持つ信念やゴールに基づいて行動するので、その信念やゴールの状態に応じた発話をさせることで「何故その行動を取ったのか」といったエージェントの意図をユーザに通知することが出来る。ユーザへの通知があると、ユーザはエージェントの行動理由を知ることによってエージェントの意図を知ることができ、そのエージェントの意図がユーザにとって常に有益なものであれば、エージェントはユーザから信頼されてタスクを任される存在となることができる。

2 AMS におけるインタラクション

2.1 エージェントによるタスク遂行

2.1.1 エージェントマイグレーション

エージェントマイグレーションとは、環境内デバイス間の相互通信を行ってエージェントが各デバイスに移

*連絡先：慶應義塾大学理工学部情報工学科
〒232-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
E-mail: yamanouchi@ailab.ics.keio.ac.jp

動することである。通信した後に移動先デバイスのディスプレイに同一デザインのCGキャラクタを映したり、スピーカーから同一の音声を再生させることでユーザに「エージェントがこのデバイスに移動した」と知覚させる。AMSで行われるタスクは二種類ある：

- 移動先デバイス上でエージェントが行う、デバイスに依存した作業タスク
- エージェントがインタフェースとして行う、ユーザとのインタラクションタスク。インタラクションタスクは、移動先デバイスに特に依存するわけではない

2.1.2 エージェントの作業タスク

AMSにおいてエージェントが行う作業タスクについて説明する。マイグレートエージェントは、音声認識やデバイス間のネットワーク接続を通じて外部から情報を取得し、それに応じてタスクを開始する。また、移動先デバイスの種類に応じて、タスク遂行によって物理的に環境に働きかけるアクションを行う。例えば、移動先がPCなら音声発話をしてディスプレイに姿を表示させ、掃除用ロボットなら掃除によって環境内のゴミを除去し、電球なら部屋の明るさを変える。

2.1.3 エージェントのインタラクションタスク

ユーザは、同じエージェントと接し続けるとそのエージェントに対し親近感や信頼感を覚えて心理障壁を下げていき [1], エージェントが他のデバイスに移動して姿を変えても元の関係性が持ち越されるので [2][3], 別のデバイスに対しても同じように親近感や信頼感を持ってインタラクションすることが可能となる。複数デバイスとの対話をより円滑にするにはエージェントのインタラクションタスクから受ける印象が重要なので、AMSにおけるエージェントを設計する際は、環境の状態やタスクの実行状況に応じて行動・会話内容を変化させることで、エージェントが自身の意図を表明できるようにさせる必要がある。エージェントの意図が明確になることで、ユーザとエージェント間で齟齬のより少ないインタラクションが行われる。

2.1.4 フォアグラウンド実行/バックグラウンド実行

本研究では、デバイスの作業タスクをフォアグラウンド (FG) 実行とバックグラウンド (BG) 実行という観点で分類する。全てのデバイスの作業タスクは、ユーザから見て FG 実行にあたる場合と、BG 実行にあたる場合がある。例えば PC では、検索機能を使うタスクは FG

の実行だが、何か作業をしながら背後で音楽を再生させるといったタスクは BG の実行になる。電球なら、電気を点灯する操作は FG の実行だが、その後も点灯し続けること自体はユーザにとって BG な状態になる。

FG および BG の実行には、それぞれ二つのパターンが考えられる：

- FG の実行: (1) ユーザが FG で実行する, (2) エージェントが FG で実行する
- BG の実行: (1) FG で実行されていたタスクが BG に遷移する, (2) ユーザとの約束によってルーチン的に BG で実行される

作業タスクが FG の実行なのか BG の実行なのかによって、そのタスクを実行する際に交わされるインタラクションの内容も変わってくると考えられる。

2.1.5 BDI モデル

本研究では、AMS におけるエージェントの行動条件やユーザとの対話内容を決定する為に、BDI モデルの利用を試みる。

Cohen[4] は、BDI モデルにおいて合理的エージェントがタスクを実行する時に、ゴールを目指してアクションを行う際の条件について、以下のように定義している。(x: エージェント, p: タスク, q: コミットメント)

$$(P - R - GOAL \ x \ p \ q) \stackrel{\text{def}}{=} (GOAL \ x \ (LATER \ p)) \wedge (BEL \ x \ \neg p) \wedge (BEFORE \ [(BEL \ x \ p) \vee (BEL \ x \ \Box \neg p) \vee (BEL \ x \ \neg q)] \neg(GOAL \ x \ (LATER \ p))) \quad (1)$$

式 (1) では、エージェントが自身の持つゴールを破棄すべき条件について記されている：

1. $(BEL \ x \ p)$: 「タスクが達成された」という信念を得た時
2. $(BEL \ x \ \Box \neg p)$: 「この先ずっとタスクは達成されない」という信念を得た時
3. $(BEL \ x \ \neg q)$: 「『タスクを続けよ』というコミットメントがなくなった」という信念を得た時

つまり BDI エージェントは、このいずれかの条件が満たされた時に現在持っているゴールを破棄するようにデザインされる必要がある。

人間がタスクを実行する時、毎回必ずタスクを完遂できるとは限らず、その度にプランを修正したり時としてそのタスクを諦める。エージェントが合理的に行動するには、場合によってはタスクを放棄する必要がある。タ

スク放棄の機構を持つエージェントは、機構を持たないエージェントと異なり、意図的にゴールに向かって行動し続けたり、意図的に行動を終了したりできるとともに、エージェントがタスク遂行中に持つ信念と意図に応じてユーザとインタラクションできる。ユーザに、行動選択の理由や、実行中の行動の完了に対するエージェントの執着度を表現できるようになるので、多様なデバイスの管理やインタフェースを担う存在として、エージェントに対して信頼を置きながらシステムを使用できるようになると考えられる。

2.2 本研究で取り組む課題

多様なデバイス間を移動しながらユーザとデバイス間の統一的なインタフェースとなるマイグレートエージェントを製作するには、デバイスに依存した作業タスクのFG/BG実行を考慮して、エージェントの移動条件とユーザとの対話内容をデザインする必要がある。また、各デバイスへの移動や作業タスクの実行、ユーザとのインタラクション内容を決定する為の信念と意図を、BDIモデルに基づいてエージェントに組み込むことで、ユーザの信頼感を向上させることも目指す。本研究では、ユーザとの信頼関係を構築する為のマイグレートエージェントの行動決定モデルを上記の観点から提案する。

2.3 システム構成

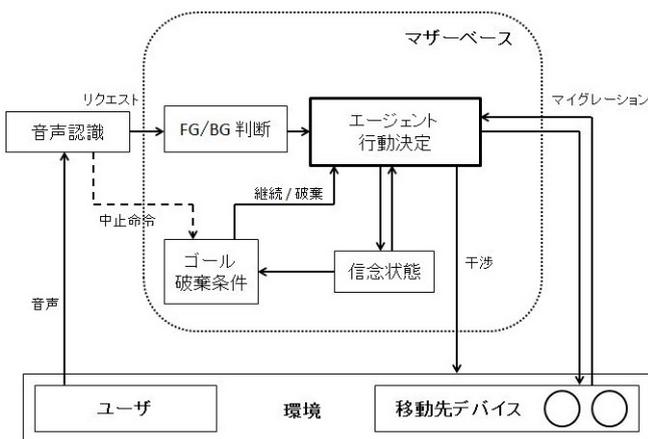


図 1: システム構成

本研究で用いるシステムの構成は図1で示される。図2では、本システムを利用する際の様子を示している。マイグレートエージェントの起点となるマザーベース（ユーザが普段使用する携帯端末やPCを想定している）では、ユーザからのリクエスト、リクエストから想定さ



図 2: システム利用の様子 (掃除用ロボット)

れる作業タスクの種類 (FG/BG 実行)、信念状態、ゴール破棄条件を行動決定モジュールに渡すことでエージェントは次の行動を決定し、場合によっては他のデバイスへと移動する。マザーベースと各デバイスはワイヤレスネットワークで接続される。

本研究では、AMSにおけるエージェントの信念と意図に応じた行動決定を実現する為、エージェントの信念状態、ゴール破棄条件、作業タスクの種類 (FG/BG 実行) を行動決定プロセスに組み込む方法について提案する。

3 BDIマイグレートエージェント

式(1)のBDIモデルにおけるゴール破棄条件を組み込み、作業タスクの種類 (FG/BG) に応じたユーザとのインタラクションをデザインして、マイグレートエージェントが移動のタイミングやユーザとの対話内容を決定する為の内部構造を設計することで、BDIモデル採用によるエージェントの行動の理由説明や作業タスクの種類に応じた対話内容変化によって、ユーザとの信頼関係を構築する。

3.1 BDIモデルに基づいた行動決定

エージェントは外部環境から取得した情報を基に、自身の中に初期状態として信念状態のリストを作成する。ユーザからのリクエストを受け取ると、エージェントはリクエスト内容と自身の信念リストを比較し、そこに矛盾がなければ作業タスクを実現するゴールを生成する。もしリクエストと信念リストの間に矛盾が生じていれば (例: エージェントが「電気が点いている」という信念を持っている時に、ユーザから「電気を点けて」というリクエストを受け取る)、エージェントは矛盾してい

る箇所について発話してユーザに伝え、エージェントがリクエストをすぐに行えない理由を述べる。作業タスクを実現するゴールが生成されたら、エージェントは信念リストとゴールを比較して、未達の部分を探しそこを達成できる行動を選択する。信念状態はエージェントの行動決定に関与し、エージェントが何かしらの行動を取ることでそれに伴って信念状態も変化する可能性がある。ゴール破棄条件の判断にはエージェントの現在の信念リストを用い、もしユーザから作業タスク中止のリクエストを受け取った場合は、そのリクエストもゴール破棄条件とする。エージェントの行動は信念状態に基づいているので、ユーザの想定と異なる行動が行われた時には、エージェントは信念状態にアクセスすることで自身の行動理由をユーザに説明できる。行動理由を説明することでエージェントはユーザに自身の意図を表明することができ、ユーザに長く使ってもらうことで確実に仕事を任せるとのことができる信頼関係がユーザとの間に構築されると期待できる。

3.2 タスクの種類に応じた対話変化

本研究では、AMSにおける移動先デバイスとして掃除用ロボットと電球を想定している。FG 実行、BG 実行それぞれに応じたヒューマンエージェントインタラクションを実現する為に、本システムを用いる上で予め想定される作業タスクを分類し、各場合におけるエージェントの会話内容をデザインしておく。

ユーザがリクエストした時点では作業タスクは FG 実行なので、エージェントはユーザとインタラクションした上で作業タスクを開始する。しかし、作業タスクが継続していても、ユーザがもうそのタスクへ意識を向けなくなると、そのタスクは BG 実行として扱われる。BG 実行の場合、ユーザは既に別のことに意識を向けているので、エージェントはユーザの集中を妨げないように、インタラクションせずにマザーベースへ帰ったり、あるいは次にユーザが意識を向けてリクエストを送るまで、現在のデバイスに残留してタスクを継続したりする。

3.2.1 想定されるインタラクション例

以下に、本研究で提案するマイグレートエージェントとユーザのインタラクション例を示す。(A: エージェント, U: ユーザ)

U : 「電気を点けて」とリクエスト (FG 実行)

A : 「わかった」とタスク開始 (エージェントが電球へ移動)

電気が点灯

U : 電気が点いたので読書を始める (FG 実行 → BG 実行)

A : 読書の邪魔をしないように黙ってマザーベースに帰還 or ユーザから何か次のリクエストを受け取るまで、電球に留まる

4 まとめ

本研究では、AMSにおいてエージェントとインタラクションする際にユーザとの信頼関係を構築する為に、エージェントの行動決定の為に内部構造を、BDIモデルに基づいて設計するフレームワークを提案した。また、エージェントが行う作業タスクをFG実行とBG実行に分類し、タスクの種類に応じた対話内容変化も考慮することで、AMSにおけるエージェントの行動選択の基準を示した。

今後の計画としては、BDIモデルについては各デバイスごとのゴール破棄条件を設計し、この条件に基づく行動決定モデルを構築する。作業タスクの種類については、各デバイスの作業タスクにおいてどのような場面でFG実行とBG実行が発生し得るか整理し、各場合のエージェントの会話モデルを構築する。エージェントの行動決定にBDIモデルを組み込む有用性と、タスクの種類を考慮する有用性について実証する為に、「BDIモデルの有無」と「タスクの種類に応じたインタラクション内容変化の有無」によるユーザのインタラクション時の負担の増減を検証する実験を行う予定である。

また、本研究で用いたシステムは、現段階では図1のようにマザーベースが全ての情報を処理して、処理結果を基にエージェントが移動したり行動決定するが、移動先デバイスとして携帯電話のようなモバイルプラットフォームを想定した場合、ユーザがマザーベースから離れても利用可能なシステムにする必要がある。マザーベースの機能を移動先デバイスにも引き継げるようシステムを改良していくことも、今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] Kohei Ogawa, Tetsuo Ono: ITACO: Constructing an Emotional Relationship between Human and Robot, *Robot and Human Interactive Communication, 2008. RO-MAN 2008. The 17th IEEE International Symposium*, pp.35-40 (2008)

- [2] Arent K, Kreczmer B: Identity of a companion, migrating between robots without common communication modalities: Initial results of VHRI study, *Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2013 18th International Conference*, pp.109-114 (2013)
- [3] KL Koay, DS Syrdal, ML Walters, K Dautenhahn: A User Study on Visualization of Agent Migration between Two Companion Robots, *13th Int. Conf. Human Computer Interaction* (2009)
- [4] PR Cohen, HJ Levesque: Intention Is Choice with Commitment, *Artificial Intelligence*, Vol.42(3), pp.213-261 (1990)