

ヒューマンエージェントインタラクションを通じた人間の嗜好構造の推定

A method of shaping user's preferential structure through human-agent interaction

大本 義正*¹ 三宅 峰*¹ 箭内 亮太*¹ 西田 豊明*¹
Yoshimasa Ohmoto Takashi Miyake Ryota Yanai Toyoaki Nishida

*¹京都大学 情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kyoto University

In the case in which many factors have to be considered for decision-making, our preferential structure is shaped through interaction. To support the decision-making with shaping preferential structure, we tried to use an Embodied Conversational Agent (ECA) which can interactively present important information for decision-making. In this study, we proposed the method of shaping user's preferential structure through human-agent interaction based on utterances, physiological indices and selected result. To evaluate our method, we conducted an experiment by using two ECAs, one estimated emphasizing factors by existing method and the other did by our method. As a result, we confirmed that user's preferential structure was changed through interaction and our method could significantly-correctly estimate the preferential structure. In addition, users were more satisfied with the proposition by our method than that by existing method.

1. はじめに

旅行の計画から夕食の買い物まで、我々が意思決定する上で多数の要因を考慮する必要がある多くの場面では、他人の意見や対象物の値段などの外部要因の影響を受けるにつれて、自らの意思や行動方針などを念頭に置きながら、対象に含まれる要因に対する「嗜好構造」*¹を対話的に変化させて最終的な意思決定を行っている。こうした意思決定では、ある問題領域に対する自らの経験が、多くの経験を積んだ熟練者の助けを受けて、多くの情報を自らの行動指針に応じて適切に取捨選択する必要がある。しかし、自ら経験を積むことが難しく、熟練者の助けが得にくい状況も存在する。そこで、対話的な情報提示が可能な会話エージェントによって、対話中に嗜好構造が変化することを前提とした意思決定を支援することを考えた。

このようなエージェントを実現するためには、ユーザの行動指針を推測する必要があるが、これを直接的に推測することは難しい。そのため、行動指針を決定づけると考えられる、問題を構成する要素のうちどれを重視しているか(ここでは「重視要因」と呼ぶ)を推測する。対話的な意思決定を遂行している最中には、ユーザからの能動的な要望と、提案・説明時におけるユーザの反応から推定される受動的な要望が、言語および非言語情報に現れると考えられる。そこで、ユーザの発するキーワードレベルの言語情報と、ユーザの動作や生理指標といった非言語情報を入力としてユーザの重視要因を推測することで人間の嗜好構造を推定する。この提案手法をエージェントに実装し、対話中の嗜好構造の変化を踏まえて有用な提案を行うことが可能なエージェントを実現することが最終的な目標である。

本研究では対話を繰り返すことでユーザの意図を徐々に明確にしていき、要求に合った提案に近付けるだけでなく、「ユーザの重視要因が対話を通して変化すること」「重視要因の変化がユーザの言語・非言語反応から推測できること」を仮定して、重視度推測を用いた提案を行うエージェントの実現を目指す。

そのために、生理指標を含む言語・非言語情報を用いたエージェントによる重視度推定法を提案する。そして、この手法に従うエージェントと、既存の手法に従うエージェントとを比較する実験を実施し、実際に重視要因が変化するのか、変化を想定することでユーザの満足感が向上するのかを検討する。

2. 関連研究

ユーザと繰り返しインタラクションを行うことで、ユーザの目的を徐々に明確にしていき、ユーザの要求に合った提案に近付けるシステムの研究はいくつか行われている([倉田 2009], [Aydogan and Yolum 1994], [Kitamura et al. 2008], [藤江ら 2010])。例えば、倉田ら([倉田 2009], [倉田 有馬 2010])は、知識が不十分な個人旅行者が観光資源を効率良く巡ることを目的として、対話型の観光プラン作成支援システムを提案した。このシステムでは、提示した2つの推薦プランに対するユーザの反応をもとにユーザの嗜好を推定し、推薦プランの修正を行う。このシステムではアンケートによる評価を行っており、システムの満足度などについて概ね高評価を得ている。

こうした先行研究のほとんどは、対話相手とのインタラクションを重ねることで、相手の意図を徐々に絞り込んでいく手法をとっており、ユーザは最初から確固たる嗜好をもつことが(暗黙的に)前提とされている。また、ユーザの能動的な行動における意思表示を中心に推測を行っており、提案中などのユーザが受動的な場面での反応を利用しているものは少ない。

本研究では、ユーザの重視している要因が、対話を行う過程で変化するタスクを想定し、対話中の各要因の重視度の変化を捉えることで嗜好構造を推定する。ユーザの能動的な反応だけでなく、提案中などのユーザの受動的な反応も考慮して推測することで、ユーザの嗜好構造の変化に柔軟に対応した提案を行い、高い満足を引き出すことを期待する。

しかし、特に受動的な情報提示場面におけるユーザの重視度の変化は、外部からの観察によって特定することが難しい。そこで、インタラクションにおける人の心理活動を知る手段として生理指標を活用することを考えた。

連絡先: 大本義正, 京都大学, 京都府京都市左京区吉田本町,
ohmoto@i.kyoto-u.ac.jp

*¹ 意思決定の対象に含まれる個々の要因に対する嗜好の強弱および選択の傾向を、ここでは「嗜好構造」と呼ぶことにする

生理指標によって人間の心理状態を推測する研究は様々におこなわれている (e.g. [Iwaki et al. 2008], [井出ら 2009])。こうした成果を利用して、エージェントを利用するユーザに対して生理指標のセンシングを行い、意図の推測を行う研究もいくつか行われている (e.g. [Bosma and Andre 2004], [Pendinger and Ishizuka 2005])。これらの研究を踏まえ、本研究では生理指標のうち SCR, 心電 (LF/HF 成分), 指の皮膚温を扱い、ストレスを検出することで、受動的な場面でのユーザの重視度変化を推定した。

3. 重視度の推定手法の提案と評価

提案する重視度の推定手法と、既存の手法を比較するために、ロボットパーツの選択タスクによる実験を行った。本実験では、重視要因の変化がエージェントによる対話でも現れるか、それがインタラクション中の言語・非言語反応を用いて推測できているか確認し、最終的な提案の満足度についてアンケートによる評価を行うことを目的とした。

3.1 重視要因の推定手法の概要

予備実験の検討結果から、エージェントへの入力として想定するユーザの情報は、言語情報、身体動作、生理指標とした。本論文では、言語処理はキーワードレベルの簡単な処理を想定しており、相手の心理状態を比較的容易に知る手段として生理指標を利用した。

要因の評価に利用される手がかりは、以下の 3 つの指標である。

言語情報 下記のどちらかの反応がある

- あらかじめ登録していた単語が発話される
- 「あー」「ほー」といった、驚きや感嘆、納得の言葉が出る

身体動作 3 回以上連続でうなづく

生理指標 下記のどちらかの反応が計測される

- 説明区間内で、SCR がベースラインに対して 10% 上昇する
- 説明区間内で、心電の LF/HF 成分が 6.0 以上になる

これらの指標に従って、提案内容の説明中や説明後に、ユーザが新しい要因に気づいたり、すでに意識している要因の重視度が変化したことを検出し、ユーザの重視度を推定する。その後、推定された重視度に従って、ユーザに提案する次案を決定する。

ユーザに提案されるパーツの組み合わせ案は、直交表^{*2}を用いてあらかじめ作成しておく。用意しておいた組み合わせ案の中から、重視要因を最大限含む組み合わせ案を選出する。選ばれた組み合わせが複数ある場合、直前の提案を比較した結果を用い、高評価の方に最も近い組み合わせ案と、次いで近い組み合わせ案を提案する。組み合わせ案同士の近さはベクトルの cos 類似度で決定する。どちらの組み合わせ案も駄目だと判断された場合は、2 つの提案から最も遠い 2 つの組み合わせ案を提案する。

*2 直交表とは、任意の 2 要因について、その水準の全ての組み合わせが同じ数ずつ現れるという性質を持つ表のこと。複数の特徴で構成される組み合わせを効率よく探索できる

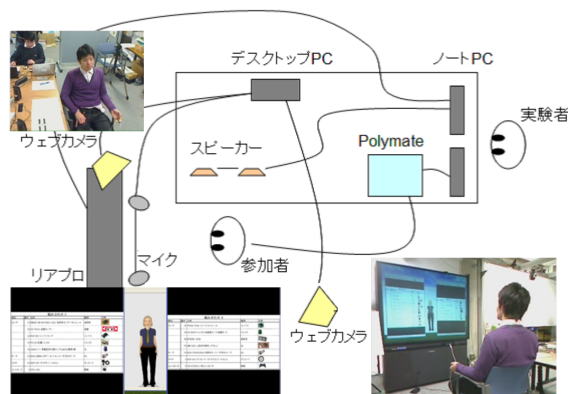


図 1: 実験環境

3.2 比較対象とする既存の手法

重視度動的推定法の比較対象として、倉田ら ([倉田 2009], [倉田 有馬 2010]) のシステムで用いられている提案手法を利用する。この提案手法は、2 つの提案を比較してよりよいと選択された方の周辺で、さらにより提案がないかを繰り返し探索する手法といえる。この提案手法では、対話中のユーザの反応に注意を払わず、提案の選択結果のみによってユーザの重視要因を推定しており、新しい提案に含まれる要因によってユーザの選好構造が変化することを考慮していない点が、本論文の提案手法と大きく異なる。

3.3 タスク設定

想定するタスク領域は、意思決定に多数の要因を考慮する必要がある、ユーザが知識を持たない要因も存在する場面である。具体的には、「移動型ロボットの組み立て」を設定した。エージェントは、参加者の目的を満たす移動型ロボットを実現するパーツの組み合わせを提案した。本タスクは、パーツ単体の性能とロボットの性能とが 1 対 1 に対応しておらず、特定の目的を達成するロボットの実装には多様なバリエーションが存在するため、参加者の選好構造をパーツの選択に反映しやすい。

参加者は、エージェントとインタラクションを行う前に、2 種類のタスクに対してそれぞれ具体的なテーマを定め、実験中にそれを満たす移動型ロボットを探した。このテーマは実験中にも適宜変更を行っても構わないものとした。

2 つのタスクは「テーマを 1 つ決めて、京都市を紹介するための映像資料を一日で撮るための移動型ロボットを作る」および「京都市で行う移動型ロボットの競技イベントを 1 つ考え、そのためのロボットを作る」であった。前者のテーマの例としては「街並みを撮りたい」「いい景色を撮りたい」など、後者のテーマの例としては「山の頂上まで競走したい」「障害物レースをやりたい」などを想定していた。

3.4 実験環境

実験環境を図 1 に示した。

参加者は 100 インチのリアプロジェクションテレビ (以下リアプロとする) の正面に来るように座った。実験者は参加者のやや右の後方に座り、WOZ の操作を行った。

リアプロの画面右上に設置したカメラによって、参加者の様子を撮影した。参加者の左後方に設置したカメラによって、リアプロの画面と参加者の様子を撮影した。参加者の発話やエージェントの発言は指向性のマイクをリアプロ下部に設置して録

音した。

生理指標の計測には生体情報計測装置 Polymate を使用して記録した。計測した生理指標は SCR・心電・指皮膚温の3つであった。計測部位をなるべく動かさないようにするために、手のひらを上に向けて椅子の肘掛の部分に置かせた。

3.5 実験参加者

実験は計 27 人に対して実施し、うち実験に対して不適切な態度だった 1 人を除いた 26 人を実験データとして使用した。対象は大学生で、年齢は 18 歳～25 歳（平均年齢 20.6 歳）だった。性別は男性 20 人、女性 6 人だった。

3.6 実験の手順

実験の具体的な手順を以下に示す。

1. 参加者に実験の概要説明を行い、生理指標の計測機器を取り付けた。
2. 記録を開始するとともに、エージェントの提案から 1 セッション目を開始した。
3. セッション開始後、エージェントは、決められた手法に基づいて 2 つの案をユーザに提示し、各内容について説明を行った。
4. 提案内容の説明が終わった後、どちらの組み合わせが良いと思うか、性能・機能について何か要望がないか質問し、参加者はそれらに答えた。
5. 参加者が提案に満足した場合は、その時点でインタラク션을を終了した。満足しなかった場合は、提案に満足するまで 3 - 5 を繰り返した。
6. インタクション終了後、1 セッション目について、アンケートの記入を行った。
7. 1 セッション目と逆の提案手法のエージェントで 2 セッション目を開始し、3 - 6 を行った。
8. 2 セッションが終了した後、計測を停止し実験を終了した。

実験では、参加者の動作の計測結果および質問応答結果を WOZ で入力し、提案手法もしくは既存手法に従って、エージェントが行う提案を自動的に生成した。既存手法と提案手法のどちらを 1 セッション目にやるかはランダムに決められた。エージェントの発話文は予め登録されており、選択によって読み上げさせた。

3.7 重視度動的推定法の評価と考察

本研究では、前節で記述した実験を実施し、既存の手法と比較することにより重視度動的推定法の評価を行った。本節では、アンケートや提案回数の比較などから得られた評価と、その結果の考察を記述する。アンケートは 7 段階で評価してもらった。以下、有意水準は 5% とする。

3.7.1 考えの変化の検討

エージェントとのインタクションの中で、タスクのテーマや重要だと思ふ要因に変化があった点を自由記述してもらい、考えの変化の有無について 2 検定を行った。結果を表 1 に示す。また、実験のどちらがより考えの変化が起きたかを評価してもらった結果を検定した。検定結果を表 2 に示す。

考えの変化の有無については有意差が見られなかったが、その変化の度合いでは筆者の手法に従った提案の方が有意に大き

表 1: 考えの変化の有無の 2 検定

	変化あり	変化なし
提案手法	25	1
既存手法	22	4
p	0.158	

表 2: 考えの変化度の符号検定

	変化度 (提案手法 > 既存手法)
平均	1.00
標準偏差	1.89
p	0.0127

かったという評価が得られた。筆者、既存の手法ともにテーマや重視している要因に変化が見られ、エージェントによる提案でも考えの変化が起きていることがわかる。また、筆者の手法の方がより大きな考えの変化を誘発できているといえる。

3.7.2 決定案の満足度の検討

表 3: 満足度のウィルコクソンの符号順位検定

	提案手法の満足度	既存手法の満足度
平均	1.81	0.811
標準偏差	2.26	1.63
p	0.0350	

参加者が「満足した」決定案について、どれくらい満足したかを回答してもらった。ウィルコクソンの符号順位検定を行った結果を表 3 に示す。また、どちらの決定案がより満足したかについて符号検定を行った結果を表 4 に示す。

これらの結果から、既存の手法と比べると、提案手法が最終的に決定した案に対する参加者の満足度が高く、よりよい提案ができたといえる。

3.7.3 重視度推定の妥当性の検討

参加者のうち 7 人について、実験終了後に重視要因として焦点を当てていた 23 要因を提示し、最終的にどの要因を重視していたか、それぞれのタスクについて上位 3 つを選んでもらった。これをシステムの推定結果と t 検定で比較を行った結果を表 5 に示す。

既存の手法と比べると、提案手法の方が有意に正確な重視度推定ができることが確認できた。よって、言語情報・非言語動作・生理指標というユーザの反応を利用することで重視度の変化を捉え、それをふまえて提案を行うことで参加者の要求に沿った提案ができたといえる。

4. 議論

実験の結果、提案手法の重視度の推定結果について妥当性が確認できた。また、インタクション中に重視要因が変化することが確認され、そうした変化を考慮した提案を行うことで、決定案の満足度で高い評価が得られた。

考えの変化が誘発されたのは、提案手法では推測した重視要因以外に新しい要因が含まれる場合が多いことが原因の一

表 4: 満足度の符号検定

	満足度 (提案手法 > 既存手法)
平均	1.08
標準偏差	1.55
p	0.0378

表 5: 重視要因上位 3 つの一致数の t 検定

	提案手法の一致数	既存手法の一致数
平均	2.14	1.00
標準偏差	0.690	1.00
t	2.49	
p	0.0285	

つと考えられる。自由記述でも「(提案手法は) 次の提案が大きく変わったので驚いた」といった記述が見受けられた。こうした驚きは違和感にもつながるため、提案履歴を考慮したり、補足的な説明をしたりする必要が出てくることも考えられる。

満足度が高くなった原因は、受動的な情報提示中にも参加者の反応を見ることで、新しい重視要因を汲み取ることができ、重視要因の大きな変化をすぐに反映させられたことが考えられる。一方、提案手法の満足度は分散が大きい。満足度が低かった人の中には、実現できない要望を出したために意見を汲めなかった、というケースが見られた。今回はキーワードレベルの言語認識しか想定していなかったため無視したが、要望に対する柔軟な対応も必要になってくると考えられる。

本論文の提案手法では、言語反応としてあらかじめ用意しておいたキーワード、非言語反応としてうなずきと生理指標のみを用いており、これらの自動取得は近い将来において視野に入っている。実験で利用したエージェントの発話や動作はあらかじめ用意されていたものを自動的に実行したため、本論文の結果は、入力部分を自動化してエージェントに組み込んだ場合とほぼ同様であると考えられる。

5. 結論

本研究では、対話中に変化する嗜好構造を踏まえて提案を行うエージェントの実現を目指した。そのために、ユーザの言語情報、うなずき、SCR、心電、皮膚温、提案の二者選択を入力にして、ユーザの重視要因の変化を推測して次の提案を決定するエージェントの提案手法を考案した。提案手法と既存手法に従ってそれぞれ提案を行うエージェントを用いた実験を行い、アンケートによって比較検討を行った。その結果、インタラクションを通じて重視要因が変化することを確認し、重視要因の推測結果について高評価が得られた。さらに、提案の満足度について高評価が得られ、重視度変化を推測することでユーザの満足を引き出せることがわかった。本研究で利用した情報はいずれも自動化が可能であり、対話中に嗜好構造が変化するような意思決定を支援するエージェントの実現可能性を示唆することができた。

今後の課題としては、まず、ユーザの受動的な情報提示による重視要因の変化を検出するために用いている生理指標を、人間が行っているように「うなずき」以外の非言語情報も利用することで置き換える手法を考える必要があるだろう。また、利

用する情報を拡大し、キーワード検出以上の言語処理を行うことで、目的指向で要望を出された場合に、その内容を機能レベルに落とし込む手法を考える必要がある。これに対応するには高度な言語処理が必要であり、今後の研究の発展が待たれる。

上記以外にも、利用する情報を拡大することがあげられる。特に、非言語動作については「うなずき」以外にもパラ言語情報や視線の動きなどに拡張し、生理指標の置き換えが可能かどうかを検討することを考えている。

参考文献

- [Aydogan and Yolum 1994] Aydogan, R. and Yolum, P.: Learning consumer preferences using semanticsimilarity, AAMAS '07: Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, New York, NY, USA, ACM, pp. 1-8 (2007).
- [Bosma and Andre 2004] Bosma, W. and Andre, E.: Exploiting Emotions to Disambiguate Dialogue Acts, Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces, pp. 85-92 (2004).
- [Iwaki et al. 2008] Iwaki, M., Arakawa, S. and Kiryu, T.: Influence on Biosignal and Working Efficiency of Sound Environment in Typewriting, IEICE technical report. ME and bio cybernetics, Vol. 108, No. 52, pp. 19-24 (2008).
- [Kitamura et al. 2008] Kitamura, M., Shimohata, S., Sukehiro, T., Ikeno, A., Sakamoto, M., Orihara, I. and Murata, T.: Design and Development of Dialogue System for Laddering Search Service, IEICE technical report. Natural language understanding and models of communication, Vol. 108, No. 141, pp. 97-102 (2008).
- [Pendinger and Ishizuka 2005] Prendinger, H. and Ishizuka, M.: THE EMPATHIC COMPANION: A CHARACTER-BASED INTERFACE THAT ADDRESSES USERS' AFFECTIVE STATES., Applied Artificial Intelligence, Vol. 19, No. 3/4, pp.267-285 (2005).
- [井出ら 2009] 井出裕人, 長田将彦, ロペズギヨーム, 酒造正樹, ドロネージャンジャック, 山田一郎: S1601-2-2 生理指標の多変量解析に基づくストレス推定法の検討 (生物医学工学における計測と制御 (2)), 年次大会講演論文集: JSME annual meeting, Vol. 2009, No. 5, pp. 181-182 (2009).
- [倉田 2009] 倉田陽平: 対話型観光プランニングシステムに向けて, 第 18 回地理情報システム学会学術大会, 地理情報システム学会講演論文集 (2009).
- [倉田 有馬 2010] 倉田陽平, 有馬貴之: 対話的旅行計画作成支援システムの実装と評価, 第 25 回日本観光研究学会全国大会, 日本観光研究学会全国大会学術論文集, pp.173-176 (2010).
- [藤江ら 2010] 藤江真也, 江尻康, 菊池英明, 小林哲則: 肯定的/否定的発話態度の認識とその音声対話システムへの応用 (音声, 聴覚), 電子情報通信学会論文誌. D-II, 52 情報・システム, II-パターン処理, Vol. 88, No. 3, pp. 489-498 (2005-03-01).