

# 社会シグナルに基づくエージェント対話リズムモデル化によるユーザの対話姿勢誘発

Inducing user's positive attitudes toward interaction by rhythmical interaction model based on social signals

大本 義正 \*<sup>1</sup>      片岡 操 \*<sup>1</sup>      西田 豊明 \*<sup>1</sup>  
Yoshimasa Ohmoto      Misao Kataoka      Toyoaki Nishida

\*<sup>1</sup>京都大学 情報学研究科  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

In an interactive decision-making process like a face-to-face consultation, we dynamically change the personally emphasizing points for decision-making during the interaction in which an adviser provided new information and subjective interpretations. However, people intuitively do not accept the extrinsic factors provided by artificial agents especially the subjective interpretations. In this study, we utilized social signals and facilitation process includes a divergent part and a convergent zone to induce user's positive attitudes toward human-agent interaction. We conducted an experiment that compared the results of interactive decision-making with two types of agents: a facilitative agent who provided social signals and facilitation process and an estimation agent who only provided proposals that reflected the emphasizing points of each participant. As a result, we can confirm that the facilitative agent could establish rhythmical interaction with users and improved the impression of decision-making process.

## 1. はじめに

我々が日々行っている意思決定の中でも、熟慮を必要とする場面では、外部からの情報を得ることなく、個人的に決定を下すことはまれである。近年、インターネットをはじめとする方法で様々な情報を収集することができるようになってきているものの、友人や専門家との相談や口コミといった、他人の感じた主観的な情報は、未だに意思決定における重要な部分を占めている。主観的な情報を重視する理由の一つとして、意思決定において重視される要因（ここでは「重視要因」と呼ぶ）の範囲とその解釈の事例を得ることが自らの意思決定に非常に役立つという点が考えられる。一方、主観的な情報を活用してもらうためには、対話相手に対する一定の信頼性が必要である。

我々はこれまでに、このようなインタラクションを通じた動的な重視要因の変化があることを仮定した、意思決定における意図推定手法を提案し、提案手法を実装したECAとのインタラクションを通じて、動的な重視要因の推定がインタラクティブな意思決定場面で重要であることを示した〔Ohmoto 11, Ohmoto 12, Ohmoto 13〕。これらの研究では、繰り返される相談相手からの提案に推定された重視要因が反映されるという働きかけを行っていた。これは、潜在的・暗黙的なユーザの重視要因を外化・可視化する働きかけであり、人間の内発的な力によって意思決定を促すものである。一方、相談相手の主観的な解釈や判断であることが明確である働きかけ（例えば意見を言う等）は、外発的な力によって意思決定を促すものである。しかし、従来のエージェントは、情報提示インターフェースとしてとらえられることが多く、エージェントの主観的な意見は受け入れにくかった。

対面コミュニケーションにおいて、他人による主観的な判断に基づく働きかけが、意思決定に効果的に影響を与える事例として、ファシリテーションがある。これは、ファシリテータと呼ばれる人間が参加者の間に立つことで、ディスカッションを円滑で効果的に行うものである〔Reagan-Cirincione 94〕。このようなことが可能な理由は、ファシリテータが参加者の言語・

非言語情報をもとに社会的・認知的なインタラクションプロセスをサポートしているためである〔Schuman 96〕。つまり、参加者自身の主張や相手の主張の受け取り方を「主観的に」理解し、それらを元に適切と考えられる介入を行っているためである。こうした介入の際、ファシリテータは社会的シグナルを活用して、共感を得たり、意見を受け入れやすくなるような態度を引き出したりしている。

ファシリテーションのプロセスについて、Kanerら〔Kaner 07〕は、最初に Divergent Zone があり、次に Groan Zone を通り、Convergent Zone を経て、Closure Zone へ至るという流れを提唱している。我々は、以前、意思決定場面におけるファシリテータの行動を分析しており〔大本 11〕、このプロセスは我々の観察とも一致する。このようなファシリテーションのプロセスが形成するマクロな対話リズムが、インタラクティブな意思決定場面において、積極的な関与を促す対話姿勢を誘発し、また、そのような対話リズムを形成したエージェントを有用な対話相手と認識するようになると考えた。

本研究の目的は、社会的シグナルを活用したユーザへの働きかけと、主観的な解釈や判断を明示的に行って発散と収束のプロセスの実現によって、対話のマクロなリズムを形成し、ヒューマンエージェントインタラクションにおいてポジティブな対話姿勢を引き出すことである。具体的には、インタラクションの適当な時点で社会的シグナルを発しながら主観的な解釈や判断を提示するエージェントと、これまで同様に相手の重視要因に沿った提案のみを行うエージェントとを比較する実験を実施し、対話に対する印象の変化と対話中の人間の反応を分析した。

## 2. 対話リズムを形成するエージェント

本研究では、相談エージェントのインターフェースとして、MMD Agent〔MMD〕を用いた（図 1）。MMD Agent は音声認識に Julius、音声合成に Open J Talk を用いるリアルタイムコミュニケーションエージェントである。本研究では、MMD Agent が認識したユーザの音声発話、MAP1058c から送られる LF/HF データ、Bio Alarm Monitor の画像処理プログ

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

ラムから送られる SCR データを入力として受け取り, MMD Agent に対してモーション, 発話の命令を, ユーザが話し終えた後すぐに出力する制御プログラムを作成した. 音声認識されたキーワードに対するユーザの肯定的姿勢・否定的姿勢および強制発話命令だけを WOZ 操作として, それ以外は自動化されている.



図 1: 実装された MMD Agent の画面

ユーザは, エージェントが述べる商品の特徴説明に対し, 同意・反論・質問・要望・提案切り替えの要求を行うことができる. ユーザから質問を受けた場合, Yes or No で答える質問に対しては WOZ 操作により答えるべき反応を選択する. それ以外の質問の場合, WOZ 操作により「質問」のラジオボタンを選択し, ユーザの発したキーワードに関連するあらかじめ用意した回答を述べる. この質問に対しては正しい応答を返すことが出来る保証はない. ユーザの発話の中にキーワードになるものが含まれない場合, 質問を理解できないことを謝る. 提案の切り替えは, エージェントが自身のアルゴリズムに従い自動で切り替える他, ユーザからの提案切り替え要求も受け付ける.

### 2.1 発散収束対話生成支援手法

提案エージェントは, インタラクティブに人間と対話を行い, 意思決定を支援する. 発散・収束のインタラクションプロセスを実現する為に, それぞれ傾聴と協調の 2 つの社会シグナルを利用する [Pentland 10]. 利用される社会シグナルは, 提案変更の頻度, エージェントからの推薦発話, 頷きの頻度と振幅, といったものである.

**発散時のエージェントの動作** 頷きは小さく 1 回. 提案の切り替えタイミングは穏やか. 3 点を説明すると次の提案に移る. ユーザの選好構造推定から提案候補を絞り込んだ後, 直前の提案から最も遠い提案を行う. 提示されている間に触れられなかった重視度が-1 され, ダイナミックに変動する.

**収束時のエージェントの動作** 頷きは大きく 2 回. 提案の切り替えタイミングは活発. 1 点のお勧めであるポイントを説明した後, 強く「お勧めである」ことを述べる. ユーザの選好構造から提案候補を絞り込んだ後, エージェントの選好構造から最も近い提案を行う. ユーザの否定発話以外による重視度の減少はなく, 重視度の変動は発散手法に比べて小さい.

**発散収束の切り替え** エージェントは最初, 発散手法を用いてユーザとのインタラクションを開始する. 以下の 2 点の

どちらかが見られた場合, エージェントは発散手法から収束手法へ切り替えを行う.

- ユーザの重視度が 1 以上の重視要因が 3 つ以上存在し, かつ, 1 つの案を提示する間に新しい重視要因の変動がないまま次の提案へ移る
- ユーザが「これと同じようなものを」「これと似たようなものを」というような収束に入ろうとする発話を行う

**エージェント重視度変動** エージェントが主観的なエージェントの重視度は, 収束に入った時点で推定されたユーザの選好構造に対し, 最も近いと推定した案と同じ重視要因を重視する選好構造に初期状態が決定される. エージェントの重視度は, ユーザ重視度が変動したと推定すると同じように変動する. ユーザ重視度の影響を受ける重視要因は外部刺激を受けて変動することをモデル化している.

## 3. 実験

本実験の目的は, 収束行動が意思決定やインタラクションに対する印象に与える影響を調べることである. 実験では, 対話の発散と収束を制御する収束エージェントと, 人間の重視要因のみに配慮して提案を行う推定エージェントの二種類が, 人間と対話を行った. 正確な言語処理は難しいため, 言語処理のみについて, 各エージェントは WoZ (Wizard of Oz) によって操作されていた. エージェント自身の持つ重視要因を踏まえた収束行動を行うエージェントと参加者の重視要因のみに配慮して提案を行うエージェントとで, 意思決定プロセスにおける影響を, 参加者の行動の変化とアンケートによって調べた.

### 3.1 タスク

本研究では, タスクとして「ギフトラッピングタスク」を用いる. ユーザはバレンタインのプレゼントのラッピングの方法を相談するという設定で, 相談エージェントと共にラッピングを選ぶ. ユーザは実験開始時にはまだプレゼントの中身を迷っているという設定で, インタラクション中に考えながらラッピングと共に決めていくものとした. 本タスクにおいては要因数が 30 ある. また, エージェントがあらかじめ用意した提案数は 105 であった.

### 3.2 実験環境

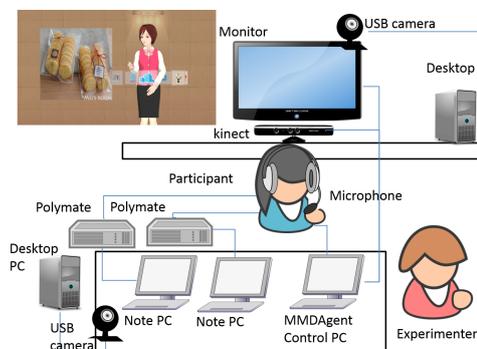


図 2: 実験設定

実験環境を図2に示す。参加者は60インチのスクリーンの正面に来るように座った。このスクリーンに、エージェントと提案内容が表示された。実験者は参加者の後ろに座り、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。また、スクリーン下部にKinectを設置し、参加者の頭部動作(うなずき)を取得した。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、SCR・心電を記録した。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。

### 3.3 実験参加者

実験は計20人に対して実施した。対象は大学生で、年齢は18歳~27歳(平均年齢21.4歳)だった。性別は全員女性だった。参加者は、収束エージェントとインタラクションを行うグループと、推定エージェントとインタラクションを行うグループに分けられた。

実験では、簡単な説明の後、撮影と生理指標の計測を開始し、エージェントによるラッピングの提案を行った。エージェントによる提案と、参加者による組み合わせの選択とエージェントへの質問を何度か繰り返し、参加者が満足すれば提案を終了した。最後に要因の重視度変化に関するアンケートを記入してもらい実験を終了した。

### 3.4 人間の反応に関する分析

#### 3.4.1 反応潜時

エージェントの発話終了からユーザが発話を開始するまでの発話潜時を記録した。フィラーはユーザの発話開始に含まないものとし、ユーザが発話する内容を決定するまでの時間を手法により比較検討した。グループ間の発話潜時を、各被験者ごとに前半と後半に分け、t検定で比較を行った結果を図3に示す。

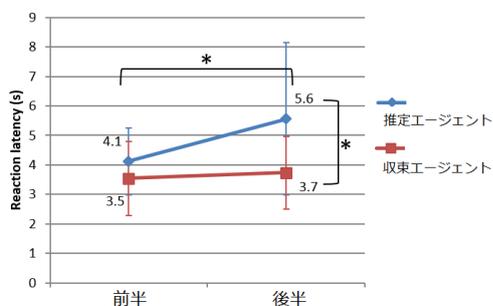


図3: 反応潜時に関するt検定の結果

前半における参加者の発話潜時の平均には、収束エージェントと推定エージェントの間に優位な差は見られなかったが、後半においては収束エージェントと推定エージェントの間に有意な差が見られた。また、推定エージェントの場合、実験の前半と後半の間に有意な差が見られたが、収束エージェントの場合には、実験の前半と後半の間に有意な差は見られなかった。

つまり、推定エージェントの場合、人間がエージェントからの情報提示を十分に受けた後半において、参加者はエージェントに注意を向けずに一人で考え込んでしまうのに対し、収束エージェントにおいては、積極的に情報提示を受けようとしていた前半と変わらず、エージェントとテンポのよい対話を続けていることを示している。これは、収束行動に含まれる主観的

な情報提示を有用なものとして認識して、エージェントの意見に耳を傾け続け、自らの考えのみに固執しない対話姿勢を引き出していることを意味している。このことから、主観的な情報提示が意思決定に有用な情報であり、相手の意見に耳を傾ける対話姿勢を誘発する上で重要であることを確認することができた。

#### 3.4.2 重視要因の変化

実験後に、重視要因として焦点を当てていた30要因を提示し、最初重視していたが途中で重視しなくなったもの、最初重視していなかったが途中から重視しなくなったものを回答してもらった。それらの個数を「重視要因が変化した数」としてt検定で比較を行った。結果を図4に示す。

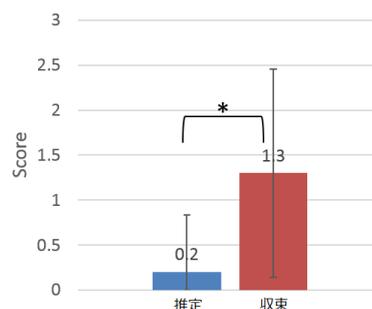


図4: 重視要因変化数に関するt検定の結果

結果として、収束エージェントのほうが有意に多かった( $t=2.63369$ ,  $p<0.05$ )。収束エージェントでは後半になると提案する内容の範囲が狭まるため、直感的には収束エージェントの方が変化が少なくなるように思われる。発話潜時の結果からも分かるように、推定エージェントにおいては、インタラクションの後半は一人で深く考えこんで決定を行う。内発的な考えのみによって意思決定を行うと、比較対象がないために意思決定プロセス中の重視要因が変化したことに気がつかず、最後の決定要因を最初から重視していたと感じてしまうのではないかと考えられる。全体として変化した要因を上げた数は、エージェントが推定したよりも少なかったため、収束エージェントであってもこのような認識の上書きは行われていると考えられる。しかし、外発的な意見が提示されるため、明示的に変化したことを認識できたと考えられる。これによって、自らの考えの変化がエージェントによって引き出されたと感じ、エージェントに対するポジティブな対話姿勢が誘発されるのではないかと期待される。

### 3.5 アンケートの結果

参加者はアンケートの各項目において、7段階で評価した。評価のアンケートには数字は記載されておらず、7つのマークがついたバーのいずれかのマークをチェックしてもらう形式で行った。結果は、図5に示し、以下にまとめる。

**会話の楽しさ** 参加者がエージェントとのインタラクションがどの程度楽しかったのかを評価してもらった。Wilcoxon signed-rank testの結果、収束エージェントの方が推定エージェントよりもインタラクションの満足度が高かった( $z=3.5$ ,  $p<0.001$ )。

**提案の流れの自然さ** エージェントが繰り返し行う提案の一連の流れについて、どの程度自然だと思ったかを評価してもらった。Wilcoxon signed-rank testの結果、収束エー

エージェントの方が推定エージェントよりもインタラクションの自然さが高かった ( $z = 2.3, p < .05$ ).

**相談相手としての妥当性** エージェントが意思決定における相談相手として妥当であったのかを評価してもらった。Wilcoxon signed-rank test の結果、収束エージェントの方が推定エージェントよりも妥当な相談相手であったと感じられた ( $z = 2.0, p < .05$ ).

**発散的プロセスと収束のプロセスの実現** エージェントからの提案が、発散的プロセスを実現するのに役立ったか、収束のプロセスを実現するのに役立ったか、についてそれぞれ評価してもらった。その結果、いずれも収束エージェントの方が役立ったという回答が有意に多かった (収束:  $z = 2.0, p < .05$ ; 発散:  $z = 2.3, p < .05$ ).

いずれのアンケートにおいても、収束エージェントの方がよい結果を出している。これらの結果から、主観的な意見を表出しながら収束的な働きかけを行うことは、ユーザのエージェントに対する印象を向上させることができることが示唆された。興味深いのは、収束エージェントの方が発散的なインタラクションをするのに貢献していると認識されるという結果である。この理由の一つとして、発散から収束的な働きかけに切り替わることで、全体を探索し終えたような感じを受けるのではないかと考えられる。

#### 4. 議論

実験の結果、社会的シグナルと発散と収束を制御することにより、1人で考え込むことなく対話を続けるリズムを形成することができた。また、会話の楽しさ、自然さ、相談相手としての妥当性の印象が向上した。総合的に見ると、エージェントの意見に耳を傾け、有用な相談相手として対話する姿勢を誘発できたと考えられる。

本研究において開発された収束エージェントは、社会的シグナルとマクロな対話リズムを利用することで、ユーザの意識を外側 (エージェント) に引きつけ、単独で意思決定を行わないように暗黙的に働きかけたのだと思われる。単独での意思決定を促さないことは、他者からの意見を受け入れやすくなるという利点がある。先行研究 [Ohmoto 12] の予備実験の中で、自らの意見を決めてからインタラクションを行った場合には、相談相手と意見の対立が起きた場合に折衷案をとることができなくなるという現象が見られた。対して、本研究では、自らの意見が変化したということを認識しながら、提案を含む会話に高い満足感を得ており、自らが積極的に棄却するような提案はなされなかったと感じていることが推測される。従って、社会的シグナルとマクロな対話リズムは、エージェントの提案に対するユーザの受け入れ態度を軟化させ、ユーザとエージェントの対話におけるポジティブな対話姿勢を誘発したと考えられる。

#### 5. 結論

本研究の目的は、社会的シグナルと発散と収束のプロセスの制御を利用して、対話のマクロなリズムを形成し、エージェントとの対話においてポジティブな対話姿勢を引き出すことである。我々は、これを実現するためのエージェント行動モデル

を提案し、実験によってその効果を検討した。その結果、インタラクション後半におけるユーザの発話潜時の長さ、インタラクション中に変化したユーザの重視する要因の個数の認識に有意差がみられた。さらに、アンケート回答の結果より、対話の自然さ、楽しさ、相談者としての適切さ、発散的プロセスと収束のプロセスの実現における印象が有意に向上した。これは、エージェントが形成したマクロな対話リズムによって、ユーザが一人で考え込むことなく、相手の意見に耳を傾け続ける対話姿勢を実現できたといえる。

本研究において提案したエージェントは、ポジティブな対話姿勢を誘発することはできたが、ユーザからエージェントに対して「どう思う?」「どっちの方がいいかな?」「こうだと思わない?」というような、エージェントの同意や意見を求めるような発話は観測されなかった。将来的には、エージェントと意見を戦わせるようなインタラクションを実現したい。

#### 参考文献

- [Kaner 07] Kaner, S.: *Facilitator's guide to participatory decision-making*, Wiley. com (2007)
- [MMD] MMDAgent, <http://www.mmdagent.jp/>
- [Ohmoto 11] Ohmoto, Y., Kataoka, M., Miyake, T., and Nishida, T.: A method to dynamically estimate emphasizing points and degree by using verbal and nonverbal information and physiological indices, in *The 2011 IEEE International Conference on Granular Computing 2011*, pp. 508–514 (2011)
- [Ohmoto 12] Ohmoto, Y., Miyake, T., and Nishida, T.: Dynamic estimation of emphasizing points for user satisfaction evaluations, in *Proc. the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 2115–2120 (2012)
- [Ohmoto 13] Ohmoto, Y., Kataoka, M., and Nishida, T.: Extended Methods to Dynamically Estimate Emphasizing Points for Group Decision-making and their Evaluation, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 97, pp. 147–155 (2013)
- [Pentland 10] Pentland, A. S.: *Honest signals*, MIT press (2010)
- [Reagan-Cirincione 94] Reagan-Cirincione, P.: Improving the accuracy of group judgment: a process intervention combining group facilitation, social judgment analysis, and information technology, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 58, No. 2, pp. 246–270 (1994)
- [Schuman 96] Schuman, S. P.: What to look for in a group facilitator, *Quality Progress*, Vol. 29, No. 6, pp. 69–76 (1996)
- [大本 11] 大本義正, 戸田泰史, 植田一博, 西田豊明: 議論への参加態度と非言語情報に基づくファシリテーションの分析, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 12, pp. 3659–3670 (2011)