

行動情報と発話情報の組み合わせによる 信念と欲求の逐次的推測モデルの検討

渡邊 悠太[†] 福地 庸介[‡] 前川 知行[†] 今井 倫太[†]

慶應義塾大学 理工学部[†] 慶應義塾大学 大学院理工学研究科[‡]

1. はじめに

対話システムが我々の生活に浸透しつつある。しかし、人間と対話システムとの対話は不自然さやストレスを与えることも少なくない。不自然さやストレスをもたらす要因の一つに、システムが対話相手の心的状態を考慮できていないことがある。人間同士の対話では、相手の心的状態に合わせて発話解釈や発話内容が臨機応変に変化する。心的状態の推定機構を対話システムに導入することで、対話における不自然さやストレスを軽減することができると期待される。

従来研究に関して、ベイズ推論を用いて環境中を移動する人間の行動を基に信念と欲求を推定する研究[1]がある。発話から抽出した言語情報を基に信念や欲求を推定する研究[2]も存在する。また、検索精度の向上のために、入力クエリから心的状態を推定する研究[3]も存在する。しかし、従来研究では行動情報と発話情報の両方から人間の心的状態を推定していないため、発話の内容による行動の解釈の変化や、人間の行動による発話の解釈の変化を捉えることができていない。

本稿では、行動情報と発話情報の両方から人間の心的状態を推定するシステム Multimodal Inference of Mind (MIoM)を提案する。MIoMにより、発話の内容による行動の解釈の変化や、人間の行動による発話の解釈の変化を捉えることが可能となる。

2. MIoM

図1にMIoMのシステム構成を示す。MIoMは、人間の行動 a_t と環境の状態 s_t の生起確率 $P(a_t)$ 、 $P(s_t)$ を計算する。また人間の発話 u_t は Word2Vecにより分散表現に変換したあと、信念および欲求との類似度を基に生起確率 $P(u_t)$ に変換する。

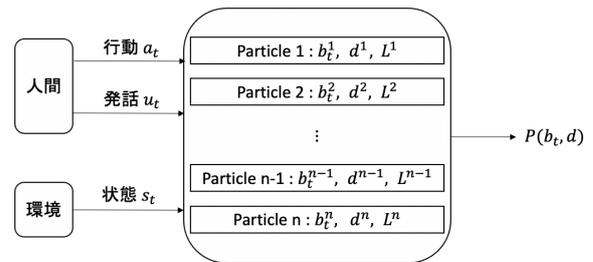


図1: システム構成

MIoMは、信念と欲求の組み合わせとその尤度を持つパーティクルフィルタとして表される。 k 番目のパーティクルの尤度 L^k は、式(1)で表すことができる。

$$L^k = P(b_t^k d^k | s_{1:t} a_{1:t-1} u_{1:t-1}) \quad \dots (1)$$

ここで、 b_t^k は時刻 t における k 番目のパーティクルの信念、 d^k は k 番目のパーティクルの欲求、 $s_{1:t}$ は時刻1から時刻 t までの状態遷移、 $a_{1:t-1}$ は時刻1から時刻 $t-1$ までの行動履歴、 $u_{1:t-1}$ は時刻1から時刻 $t-1$ までの発話履歴を表す。また、式(1)にベイズの定理を適用し、 L^k を式(2)のように表す。

$$L^k = P(a_{t-1} | b_{t-1}^k d^k) \cdot P(s_t | s_{t-1} a_{t-1}) \cdot P(b_t | b_{t-1}^k o_t) \cdot P(u_{t-1} | b_{t-1}^k d^k) \quad \dots (2)$$

ここで、 o_t は時刻 t において人間が実際に観測した状況を表す。

3. 実験

3.1 実験設定

7×5マスで表現される環境中に日本食の屋台、イタリア料理の屋台、中華料理の屋台の3つのうち2つが存在する。環境中の学生は移動し、対話システムと対話をしながら食事を購入する屋台を決める状況を考える。学生は、いずれの屋台が出店しているかに関する事前知識は持たないものとする。学生の行動 a_t は上、下、左、右の4方向への移動とし、発話 u_t は対話システムから提示される食事に関する質問に対する学生の応答とする。信念 b_t は、どの屋台が出店していると

Towards Sequential Inference of human beliefs and desires from actions and utterances

[†]Yuta Watanabe, Tomoyuki Maekawa, Michita Imai
Faculty of Science and Technology, Keio University

[‡]Yosuke Fukuchi
Graduate School of Science Technology, Keio University

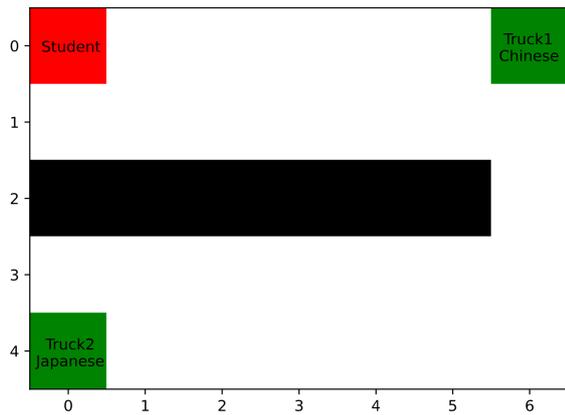


図 2: 本実験における環境

考えているか、欲求 d は学生が 3 種類の屋台をどの順に好むかを表す。

3. 2 実験方法

図 2 に本実験における環境の一例を示す。本実験には、本研究で作成したデータセットを利用した。本データセットには、屋台の組み合わせとその位置を含む環境設定と、その環境設定で考えられる学生の行動および発話が含まれる。

30 人の実験参加者に、本データセットで指定された環境設定と行動および発話を提示し、環境中の学生の信念と欲求をそれぞれ 7 段階で推定させた。

また MIoM と、行動情報と発話情報の一方のみを基に心的状態を推定する Unimodal Inference of Mind (UIoM) により信念と欲求の推定を行った。MIoM(action + utterance)、行動情報のみを基に心的状態を推定する UIoM(action)、発話情報のみを基に心的状態を推定する UIoM(utterance) の 3 つのシステムによって、環境中の学生の信念と欲求をそれぞれ 7 段階で推定した。

実験参加者によって得られた推定結果と MIoM および UIoM によって得られた推定結果を比較し相関係数を算出した。

4. 実験結果

表 1 に、実験参加者による信念と欲求の推定結果と UIoM(action)、UIoM(utterance) および MIoM による信念と欲求の推定結果との間の相関係数を示す。

表 1 より、MIoM は信念と欲求の推定の両方において UIoM(action) および UIoM(utterance) よりも強い相関を示した。また、いずれの推定システムにおいても欲求推定の相関が信念推定の相関よりも強いことがわかった。

表 1: 信念と欲求の推定における相関係数

推定システム	信念	欲求
UIoM(action)	0.124	0.419
UIoM(utterance)	0.216	0.494
MIoM(action + utterance)	0.244	0.549

信念推定および欲求推定において MIoM が UIoM(action) や UIoM(utterance) より相関が強い要因の一つとして、MIoM が行動情報と発話情報の両方を信念と欲求の推定に反映していることが考えられる。この結果より、発話による行動の解釈の変化や行動による発話の解釈の変化を捉え、信念と欲求の推定において行動情報と発話情報を両方用いることが有効であると考えられる。

次に、本実験で用いた 3 つの推定システムにおいて、欲求推定の相関が信念推定の相関より強い要因について考える。実験参加者による推定結果を分析したところ、欲求推定では行動情報と発話情報の両方が大きく影響していたが、信念推定では発話情報の影響が大きいことがわかった。また、発話情報は欲求を問うものが多かったため、信念推定に大きな影響を与えることが困難であったと考える。このような理由から、信念推定において、信念を問う発話情報を増やすことが有効であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、MIoM によりマルチモーダルな心的状態推定について検討した。実験の結果、行動情報と発話情報の両方を心的状態の推定に用いることが有効であることを示した。今後の展望としては、より実世界に近い環境設定や三次元の行動や幅広い発話を扱えるように MIoM を拡張したいと考えている。

参考文献

- [1] Baker et al. (2011) “Bayesian Theory of Mind: Modeling Joint Belief-Desire Attribution”. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society
- [2] Takahashi et al. (2015) “BDI モデルを用いた対話戦略に基づく知的エージェントの構築”. The 29th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence
- [3] Shikha et al. (2009) “BDI Planning Approach to Distributed Multiagent Based Semantic Search Engine”. International Work-Conference on Artificial Neural Network