

インタラクションの時間的性質に着目した 内部モデル共有度の推定

松森 匠哉[†] 福地 庸介[‡] 大澤 正彦^{*} 今井 倫太[†]

慶應塾大学理工学部[†] 慶應義塾大学理工学研究科[‡]

日本学術振興会特別研究員(DC1)^{*}

1. 序論

ロボットを始めとするエージェントが人間と共生するためには、互いに協力して行動することが必要になる。人とエージェントが効率的に協調作業を行うためには、互いに、目標・方策・プロトコルなどといった内部モデルを共有していることが望ましい。マルチエージェントを扱う従来の研究では黑板モデルや契約ネットなど、予め設計されたプロトコルでモデルの共有を行ってきた[1]。しかし、人の内部モデルは直接共有することができない。そのため、人間を系に含むシステムでは、人間の行動から内部モデルが共有できているか推測し、適応的に内部モデルの構築・修正を行うことが必要になると考えられる。本研究では、対話環境下で他者と内部モデルをどの程度共有できているか推定する手法 TBASE(Time Based Agent Similarity Estimator)を提案する。対話環境下では、曖昧な言語情報を補うために非言語情報を考慮することが有用である。したがって、本稿では、発言内容の一致に加えて、発言がいつなされたかというインタラクションの時間要素に注目する。提案手法の有用性を検討するため、ワード人狼のマルチエージェントシステムを実装しシミュレーション実験を行った。ワード人狼は、一人だけ違うキーワードを与えられた狼を、対話によって見つけ出す不完全情報ゲームである。ワード人狼では、誰が狼か伝えられないため、他者が自分と同じ内部モデル(=キーワード)を持っているか推測しつつゲームを進める必要がある。

2. ワード人狼

2.1 基本ルール

ワード人狼では、参加者は一人の狼(少数派)と、それ以外の村人(多数派)に分かれる。

なお、互いに自分が少数派か多数派、どちらに所属しているかは伝えられない。まず、参加者にはキーワードが与えられる。この時、少数派にのみ異なるキーワードが与えられる。次に、キーワードをもとにした対話を行う。そして最後に、少数派を追放する投票を行う。多数派は対話の中で正しく少数派を見極めて少数派を追放することができれば勝利、少数派は多数派を欺き自分が追放されなければ勝利となる。また、一部のルールでは質問カードが使用される。質問カードにはキーワードに関する質問が記載されており、対話を促進するために使用されることがある。

2.2 ワード人狼シミュレータ

本節ではワード人狼のシミュレータ(Word Wolf Simulator: Wo2S)について説明する。Wo2Sは複数エージェントが環境を通じてインタラクションを行う、マルチエージェントシステム(MAS)である。Wo2Sではキーワードを与えられてから、投票を行うまでを1エピソードとする。1エピソードは複数の質問カードに関する対話から構成される。また、インタラクションの時間要素を考慮するため、1回の対話には3回の発言可能なタイミングを設ける。対話中の発言は全てのエージェントに向けて行われる。全ての質問が終了した後に、少数派と推定されるエージェントに対して投票を行う。なお、簡便のため、エージェントの発言には既定のプロトコルに従ったベクトル表現を用いる。

3. エージェントの実装

3.1 エージェントの行動選択

エージェントの方策を説明する。各エージェント i は、任意の質問カード q に対して、与えられたキーワード c_j に適合する答えを生成するドメイン関数 $\sigma^j(q)$ を持っている。エージェントは、各時刻に内部変数である自信度(Confidence) $l_{conf} \in [0,1]$ に基いて発言を決定する。自信度は自身が多数派に所属しているかどうかを推定した指標であり、次節で説明するモデル共有度集合 I_{sim} (Similarity)の要素平均である。また、時刻

Estimating the Model Similarity from Temporal Aspects of the Interaction.

Shoya Matsumori[†], Yosuke Fukuchi[‡], Masahiko Osawa^{‡*}, Michita Imai[†]

[†] Keio University Faculty of Science and Technology

[‡] Keio University Graduate School of Science and Technology

^{*} Japan Society for the Promotion of Science, Research Fellow (DC1)

t におけるエージェントの発言は u_t^i と表される。 u_t^i は自信度の高い順に、信念発言、同調発言、無発言の3つから確率的に選択され、時間 $t = 1, 2, 3$ ごとに異なる発言を行うことができる。信念発言では自身のドメイン関数 σ^j に基いて発言し、同調発言では t より前の他者の発言を模倣する。無発言では発言を行わない。全ての対話が終了した際に、エージェントはモデル共有度が最も低いエージェントに投票を行う。

3.2 TBASE の導入

本研究では、ワード人狼におけるモデル共有度を、他エージェントとのキーワード一致度とする。エージェント i のモデル共有度集合 I_{sim}^i は、エージェント i から任意の他エージェント m に対するモデル共有度を $\alpha_{i,m}$ と定義すると、 $I_{sim}^i = \{\alpha_{i,m} | m \in (\text{other agents})\}$ で表される。モデル共有度 $\alpha_{i,m}$ を算出するために、著者らの提案した同時性と因果性の概念[2]をもとに、TBASE を提案する。モデル共有度 $\alpha_{i,m}$ の更新値 $\Delta\alpha_{i,m}$ の計算は無発言でない u_t^i に対して、以下のように行う。

$$\Delta\alpha_{i,m} = \begin{cases} w_{pos} & (\text{if } \sigma^j(q) \approx u_t^i) \\ w_{neg} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$w_{pos} = \begin{cases} w_{sim} & (\text{if } \sigma^j(q) \in \Omega_{t\leq}) \\ w_{cas} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

モデル共有度は、相手の発言が自分の信念発言 $\sigma^j(q)$ と一致している場合増加する。この時、相手が自分より前に発言している場合、もしくは自分と同時に発言している場合($\sigma^j(q) \in \Omega_{t\leq}$)、情報が伝わっていないのに一致しているため、モデル共有度は大きく増加する。一方、相手が自分の信念発言の後で、一致する発言を行った場合、単純に同調している可能性があるため、モデル共有度は同時性に比べてあまり増加しない。最後に、自分の信念発言と一致しない場合は、モデル共有度を減少させる。以上をまとめると、TBASE では発言の時間要素に注目して、発言の一致に $w_{cas} < w_{sim}$ のような重み付けを行う。

4. 実験

時間要素を考慮する TBASE 有り ($w_{cas} < w_{sim}$) と考慮しない TBASE 無し ($w_{cas} = w_{sim}$) の2条件で実験を行った。5体のエージェントを用い、1エピソードに10個の質問を設定した。100エピソード実行した結果、多数派の勝率は TBASE 有り・無しの順で、98.1%、72.0%であった。エージェントの内部変数のプロット(エピソード平均)を図1, 2に示す。図1では少数派と多数派の自信度が、図2では多数派である Villager4

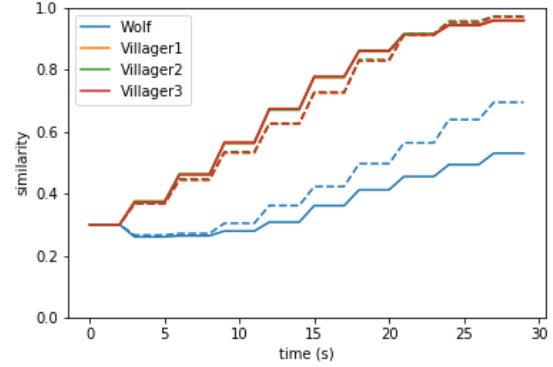


図1. 少数派(Wolf)と多数派(Villager)の自信度

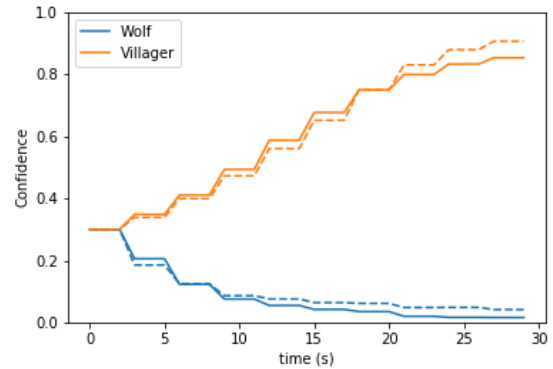


図2. 多数派(Villager4)のモデル共有度 (横軸はゲーム内時間)

TBASE 有り、破線が TBASE 無しの結果である。

5. 考察

図1に示される自信度より、両条件ともに自身の所属を推定できていることが分かった。一方図2より、TBASE 有りの条件の方が少数派に対するモデル共有度を低く推定しており、より正確に他エージェントのモデル推定が出来ていることが分かった。これは、TBASE で単なる発言の一致だけではなく、発言がいつ行われたかを考慮した結果であると考えられる。また、本稿の設定では、相手のモデルの推測をもとに発言内容を変更することは扱っていない。そのため少数派は、一度自信度が低下すると同調発言を多く選択し、多数派の少数派に対するモデル共有度が少しずつ上昇してしまう。今後は、他者のモデル(キーワード・ドメイン関数)を推定した発言を実装することが必要であると考えられる。

参考文献

- [1] Sycara, K. P. (1998). Multiagent Systems.
- [2] 松森匠哉, 大澤正彦, 今井倫太. (2017). チャットシステムにおける同時性発言の影響. HAI シンポジウム, P-45.