

特集 「人工知能学会・情報処理学会共同企画—第2部「人工知能における人道とは」—

# 相互予測問題の解消によるスマートな協調

## Smart Cooperation by Dissolving Mutual Prediction Problem

森川 幸治

Koji Morikawa

パナソニック株式会社

Panasonic Corporation.

morikawa.koji@jp.panasonic.com

### 1. 他者との協調能力の必要性

私達は日々他者との係わり合いの中で生きている。その係わり合いの中で、互いに他者の意図を推測し、行動を予測することで協調的に振る舞うことができる。このような他者に配慮した行動ができることは人道的な行動の一側面であるといえる。

今後、自律的に動作するエージェントやロボットや機器に搭載可能な「人道知能」を実現するためには、人工物側も他者の意図を推測し、他者の行動を予測することで協調的な振舞いができるようになる必要がある。

ここで協調的なタスクとは、例えば広場に散在するごみを協力して拾い集める場面などが考えられる。この状況では、参加者は互いの様子を観測し、他者がどのごみを拾うか予測することで、自分の拾うべきごみを決定し、結果として少ない時間でタスクが完了できる。

現状のユーザと人工物の関係は、ユーザが指示をして人工物が決まった動作をするというスタイルが多いが、今後は人工物側との適応的なやり取りをしてユーザの要望に応じていくスタイルが増加すると考えられる。

本稿では、適応的なインタラクションができるようになった人工物との間に生じる近未来の課題とその対処方法について考察する。

### 2. 相互予測問題の発生

人工物側がもっと知能を高めていき、人工物に指示するだけの対象から協調作業の相手に変化すると、心理的な構えも変化し、それに付随して人との協調作業で使用されてきた思考回路が動員される。このとき、「メディアの等式」[リーブス 01]で示されたように、機器であっても人への応対と同じようなスタイルを取るようになる。つまり人工物の「意図」を読み、それに適した行動選択を行う場合も発生する(図1)。

このとき、ユーザはインタフェースの不安定性という新たな課題に遭遇する。人間と人工物の双方が相手に合わせようと意図や行動を読みながら自分の行動を決定する場合、その結果は一意には決まらない。それは自分の行動決定の前提となる他者の行動も自分の行動の影響を受け、相互に行動の前提条件を変化させ合うことになる

からである。ここでは、二体の主体の相互予測で予測の効果がなくなる問題を「相互予測問題」と呼ぶ。

相互予測問題は、人間社会でもしばしば見られる。例えば、狭い廊下ですれ違うとき、お互いの進路を予測して、両者が同時に同じ方向に何度も避けてしまう状況は、相互に相手の進路を予測するために生じている。

今後は、ヒトと人工物の間でも相互予測問題は増加すると考えられる。例えば、限定的な自動運転車を運転するドライバが自動運転車の動作(衝突回避やブレーキングなど)を前提にした運転をしたり、買い物やコールセンターでエージェントにリクエストをする場合、エージェントの意図を予測しながらユーザ側が発話を制御したりする状況が発生すると考えられる。

一方、人は日常生活において、この相互予測問題の状況で比較的円滑に協調行動をこなしている。そこに存在するであろう認知方略のモデルについて、他者の意図推定における「レベル」の概念を導入し説明する。さらに、シミュレーション実験の結果と得られる知見を述べる。

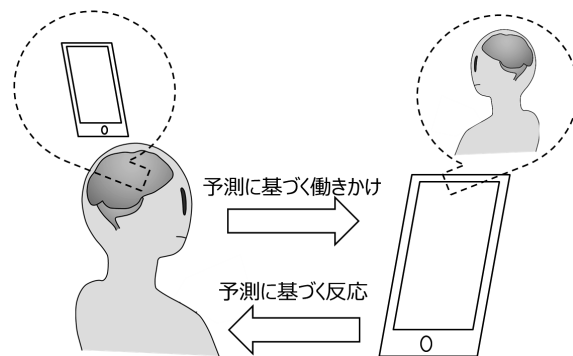


図1 お互いに意図を読み合うインタラクション

### 3. 相互予測問題のシミュレーション

ここではユーザの多様な心理的な構えのうち、「他者の意図の推定」に限定し、行動主体が推定する意図の対象に従って「レベル」を次のように定義する。

レベル0 行動主体が他者の意図を推定せず自己の意図のみに従って行動を決定する。

レベル1 他者をレベル0と想定してその意図を推定し、推定された意図から予測される他者の行動に対

応して自己の行動を決定する。

**レベル 2** 他者をレベル 1 と想定して他者が推定する自己の意図を推定し、その推定から予測される他者の行動に対応して自己の行動を決定する。

ここで筆者らは、二つの行動主体のさまざまなレベルの組合せで協調タスクを行わせる計算シミュレーションを行い、その協調作業完了までのステップ数を比較した。協調タスクはハンター課題で、 $20 \times 20$  のサイズの仮想空間に存在する二つのエージェントが二つの移動する獲物を追いかけて、各エージェントがそれぞれの異なる獲物を同時に捕まえば協調作業成功とするタスクである。

二つの行動主体のレベルを変化させた場合の作業完了までのステップ数は以下の結果になった (表 1)。

表 1 協調作業完了までのステップ数の比較  
(長田 10] の結果の一部を抽出)

二つのエージェントのレベル	タスク完了までの平均ステップ数
レベル 1 とレベル 0 の協調	30 ステップ
レベル 1 とレベル 1 の協調	65 ステップ
レベル 1 とレベル 2 の協調	30 ステップ
レベル 1 とレベル調整型の協調	25 ステップ

この結果から、レベル 1 とレベルの 1 の協調タスクでは、他条件より 2 倍以上のステップ数を要していることがわかる。これは、廊下のすれ違いの例でいうと、お互いに相手の進路を予測する場合 (レベル 1 同士) では、進路が重なる場合も発生する一方で、レベルが違えば、どちらかが相手に適応することで、問題なく協調が実現される状況と同じと考えられる。二人が同じくらい気を使うと、遠慮して共同作業がなかなか進まないという、経験とも合致した結果になっている。

この結果から導かれる、相互予測問題が生じる原因は主に二つ考えられる。一つ目は自己の行動意図を頻繁に変更する点である。この場合、相手が自己の意図を十分な精度で予測できない。もう一つの原因は、目標の同時変更である。相互に目標を変更すると双方の行動予測が無効化されてしまう。

そして、この問題を解消する行動決定過程として、他者意図の推定に基づく行動決定 (レベル 1) だけではなく、意図を変更しないこと (レベル 0) と、「他者による自己の意図の推定」の推定 (レベル 2) を組み合わせ、これらを適切に選択するメタ戦略が有効である。先ほどの計算機シミュレーションでもこの方略を用いるとタスク完了まで平均 25 ステップ前後と有効性が確認された (表 1 ではレベル調整型と記載)。

#### 4. スマートな協調に向けて

スマートな協調を実現するには、上記のシミュレーションで示されたように、人工物側もユーザの意図理解とその適応 (レベル 1) のみでは不十分で、行動主体として意図を明確に示し頻繁には変更しないこと、相手の意図が不明確な場合には適応を考慮せず動く (レベル 0) ことと、「他者による自己の意図の推定」の推定 (レベル 2) を組み合わせ、これらを適切に選択することが、相互予測問題へ対応でき、さまざまな状況でもスマートに協調できる秘訣になる。

これらは専門店などで優秀な店員がすでに自然に実践していることでもある。商品を自分の好きなように選びたい客 (レベル 0) に対しては、その振舞いに適応してレベル 1 で対応し、アドバイスが欲しそうな客 (レベル 1) に対しては、自分の基準でのお勧めを提案したり (レベル 0)、客が他者に対してどう見られたいかを予想したうえで対応したり (レベル 2) 柔軟に切り替えていると考えられる。一方、囲碁や将棋の対戦を行う人工知能プログラムでは、何手も相手の行動を読んで対戦相手に勝てるようにできてきており、今回の意図推定のレベルの定義でいえばレベルをひたすら上げてきたことに相当する。

今後は、日常生活において、ユーザが現時点でどれぐらいの意図推定レベルで行動しているかを推定しながら、反応のレベルを適応的に変化させる機能の実装によって、ユーザが気を使わなくても心地良いスマートな協調が実現できると考えている。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [長田 10] 長田悠吾, 石川 悟, 大森隆司, 森川幸治: 意図推定に基づく行動決定戦略の動的選択による協調行動の計算モデル化, 認知科学, Vol. 17, No. 2, pp. 270-286 (2010)  
[リース 01] バイロン・リース, クリフォード・ナス 著, 細馬宏通 訳: 人はなぜコンピューターを人間として扱うかー「メディアの等式」の心理学, 翔泳社 (2001)

2016 年 8 月 24 日 受理

#### 著 者 紹 介



森川 幸治 (正会員)

1996 年名古屋大学大学院工学研究科後期博士課程修了, 1997 年松下電器産業 (現 パナソニック) 入社, 現在はパナソニック株式会社先端研究本部副主幹研究員, 生体情報処理の研究に従事, IEEE, 日本生理心理学会, ヒューマンインタフェース学会などの各会員, 博士 (工学)。