

# 相互作用の強さと連鎖に基づいた対話場面のモデル化

末松 実希<sup>†</sup> 近藤 一晃<sup>†</sup> 中村 裕一<sup>†</sup> 下西 慶<sup>†</sup> 上田 博唯<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 京都大学工学部情報学科

<sup>†</sup> 京都大学学術情報メディアセンター

## 1. はじめに

人が複数人集まると対話の場が構成され、そこで発生するコミュニケーションの現れ方で様々に特徴づけられる。その特徴は、盛り上がっている・一体感がある・険悪である、などの印象語を用いてしばしば表現される。しかし場で発生している物理的な現象（参加者の振る舞い）と印象語の対応付けは人間の感覚に依存していることが多く、それを数理的に扱った既存研究は少ない [1] この問題にアプローチするために、本研究では印象語と相関が強いと思われるパターンを取り出す方法を提案する。キーとなるアイデアは、対話場面における参加者間の振る舞いの関係を「相互作用」の考えに基づいてモデル化することである。強い相互作用が参加者間で連鎖している状態は「一体感」提案手法により、場の状態を効果的に表す（＝印象語がもつ意味をよく反映した）客観的な指標の設計が期待できる。

## 2. 対話場面における相互作用

対話場面では、音声・言語を伝達するための「話す」「聞く」という行動が重要である。しかし、実際の対話場面ではそれらだけで構成されているわけではない。相手の目を見る・下を向く・頷く・首を傾げる・首を横に振るなどの振る舞いも多く発生している。これらの振る舞いによって、意図や内部の状態が表される。参加者は他者の振る舞いを観察することで意図や内部状態を推察し、それを自身の意図とのすり合わせた上で、次の振る舞いを決定・実行している。これは意図や振る舞いに影響を及ぼしあっていることを意味している。つまり対話場面では「相互作用」が起きている。このとき、相手から受ける・相手へ及ぼす影響が大きいほど相互作用が強く、相手の意図を読み取らない・相手の意図に合わせず自身の意図のみに基づいて行動している状態は相互作用が弱い状態とみなせる。図1に相互作用が強い/弱い対話場面の具体例を示す。

### 相互作用の強い場面

1の左図は、相互作用の強い場面の例を示している。

参加者Aが参加者Bの顔を見ながら話している。それを聞きながら参加者Bがときどき相槌や頷きで反応をしている。この参加者Bの振る舞いを、参加者Aの話しかけに対する「聞いています」「話を続けてください」という意図の現れとみなすと、辻褄が合う。それを見た参加者Aが話し続ける振る舞いも、参加者Bの意図に沿ったものだと説明できる。その後、参加者Aが話している途中で参加者Bが首を傾げた。参加者Aは参加者Bの動きを見て、質問の場を設けるために話すのをやめ、それを受けた参加者Bが話し始めたとする。参加者Aの振る舞いは、参加者Bが話題についてこれていない、もしくは疑問を抱いていることを理解し、それに応じた振

る舞いをしたと推測することができ、相互に作用し合っていることが見てとれる。この場面における相互作用は、常に相手の様子を確認し、その上で振る舞いを決定していることが確認できることから、両者から強い相互作用が連続的に発生していることがわかる。

### 相互作用の弱い場面

参加者Aが、自身の手元の資料を見ながら話している。参加者Bも自身の手元の資料を見ているが、Aとは別の箇所を読んでいる。参加者Aは自身が話したいことを伝え終えたので話を止めたが、参加者Bは変わらずに自身の手元の資料を確認しているとする。これらの振る舞いにおいて、両者とも相手の様子を確認するよう振る舞いをしていないため相手の意図の読み取りができていない。結果としてそれぞれの振る舞いは相手に関係のないものとして発生していることが見てとれる。

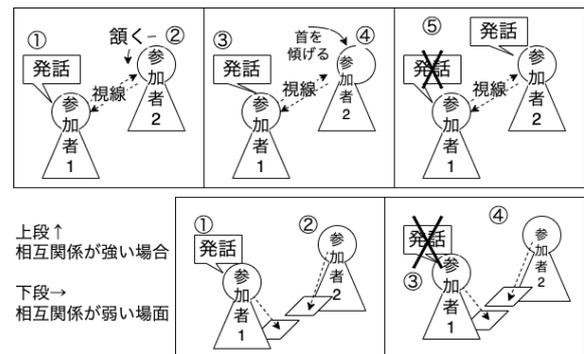


図1: 相互関係の強弱の具体例

実際、図1に示した2つの場面からはそれぞれ強い一体感・弱い一体感の印象を受けるため、相互作用は一体感と相関が高い現象だといえる。

## 3. 相互作用に基づいた対話のモデル

### 3.1 二者間の意図と振る舞いの関係

相互作用を対話場面に對して数理的に当てはめるモデルを設計する。本研究では2者間の相互作用に着目してモデル化を行い、3人以上で構成される場の相互作用の強さは、2者の組み合わせの総和とみなす。参加者A、Bの対話におけるそれぞれの意図と振る舞いの関係を、図2にしめすベイジアンネットワークの形でモデル化する。

左から右へ向かう方向が時間経過を示している。意図Xは離散的なラベルで構成された変数で、伝える・受け取る・考える、などが考えられる。ただし、意図は内部状態であることから直接観測は不可能である。意図に対して、振る舞いYが生成される。振る舞いには頷く、相手の目を見る、笑うなどの行動ラベルが考えられる。これらは頭部や表情の動作量Zとして現れ、観測可能となる。相互作用を考えない場合、意図Xは自身の前の時刻の意図のみによって次時刻の意図が決まる。相互作用が働く

Modeling dialogue scene with interaction intensity and its chain  
M. Suematsu, K. Kondo, Y. Nakamura, K. Shimonishi, H. Ueda (Kyoto Univ.)

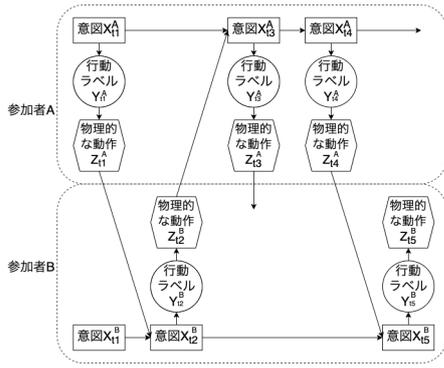


図 2: 二者間対話モデルの概念図

場合、相手の振る舞いも次時刻の意図に関与する。これが、図 2 における  $Z_{t-1}^B$  から  $X_t^A$  に伸びる矢印である。

上記の関係が、参加者 A と参加者 B の間でお互いに構成されている。参加者 A が振る舞い  $Y^B$  の推定、およびそれを通した意図  $X^B$  の推定が行われた結果が意図  $X^A$  に関与するモデルがより適切だが、本モデルではその部分を単純化し、参加者 B の動作量  $Z^B$  が参加者 A の意図に直接影響を与えると考える。

### 3.2 パーティクルフィルタを用いた計算

提案モデルを実装するには、パーティクルフィルタ [2] を用いる。確率的に複数の意図ラベルを生成し、実際に観測したデータと比較し尤もらしいものを残すことで、相互作用の強さや連続性を確認する。

図 1 における意図  $X_t^A$  を、前時刻における意図  $X_{t-1}^A$  と観測された動作量  $Z_{t-1}^B, Z_t^A$  を用いて推定することを考える。  $P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B, Z_t^A)$  を

$$\begin{aligned} P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B, Z_t^A) &= \frac{P(Z_t^A | X_t^A, X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B) P(X_t^A, X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B)}{P(X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B, Z_t^A)} \\ &= \frac{P(Z_t^A | X_t^A) P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B) P(X_{t-1}^A) P(Z_{t-1}^B)}{P(X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B, Z_t^A)} \end{aligned} \quad (1)$$

のように尤度  $P(Z_t^A | X_t^A)$  と事前分布  $P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B)$  の積に置き換える。  $Z_{t-1}^B, Z_t^A$ , および  $X_{t-1}^A$  を既知とみなせるため、式 1 を計算するには尤度関数  $p(Z|X)$ ,  $p(X_t | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B)$  を与えればよい。本研究では意図  $X$  を正確に推定する必要はなく、相互作用の強さを大小関係で取り出せればよい。そのため提案手法は、尤度関数に厳密性を求めないことが期待できる。なお意図  $X$  と動作量  $Z$  は振る舞い  $Y$  を介して繋がっているため、尤度  $p(Z|X)$  は

$$P(Z|X) = \int P(Z|Y_i) P(Y_i|X) dY_i \quad (2)$$

のように、2つの尤度関数  $P(Z|Y)$  と  $P(Y|X)$  で与えられる。

ここで、相互作用の有無を明示的に区別して扱うために、パーティクルフィルタを導入する。

すなわち  $P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B)$  に従って生成した仮説  $X_t^A$  (相互作用あり、図 3 の左図) と、  $P(X_t^A | X_{t-1}^A, Z_{t-1}^B)$

の代わりに  $P(X_t^A | X_{t-1}^A)$  を用いて生成した仮説  $X_t^A$  (相互作用なし、図 3 の右図) に対する尤度の重みつき平均で式 1 を計算する。

尤度は仮説の尤もらしさを表すため、相互作用の有無の間で尤度の比をとり、これを相互作用の強さとみなす。

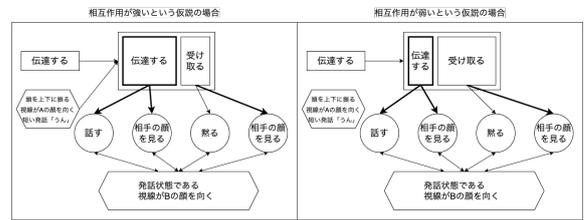


図 3: 提案モデルのパーティクルフィルタ適用時の動作

上記計算方法に基づいた意図の推定・相互作用の強さの推定を参加者 A の一状態を示した図 3 を用いて示す。意図として「伝達する、受け取る」、行動種別として「視線」「発話」「頭の動き」があると仮定した場合のモデルの具体的な動きは以下ようになる。

前状態の参加者 A の意図と参加者 B の物理的な動作から、設定した事前確率をもとに次の A の意図を生成する。このとき、一体感が強い場合は「伝達する」の意図がより多く生成される。(図 3 左図) 反対に、一体感が弱い場合は「受け取る」の意図がより多く生成される。(図 3 右図) それぞれの意図に対して、設定した事前確率をもとに行動ラベル  $Y$  が生成される。このとき、実際に計測される行動  $Z$  と  $Y$  を比較した際に尤もらしい  $Y$  を太線で示し、更に尤もらしい  $Y$  が多く発生している意図も太線で示している。この状態で図 3 を比較すると、相互作用の強い左図の方が尤度が高く、相互作用の弱い右図は尤度が低くなるのが明らかである。従って、相互作用の強い意図が残ることが確認できる。

相互作用が弱い場面でも同様の手順で相互作用が弱い結果が得られる。以上から、パーティクルフィルタを用いた提案モデルの実装により、期待する相互作用の結果を得られる。

## 4. まとめ

本稿では、相互作用に基づいた対話モデルを設計し、実際の振る舞いのパターンを当てはめることで相互作用の強さ・連鎖を取り出す方法を提案した。今後は実際の対話場面に提案モデルを適用し、その有効性を検証していく予定である。

## 参考文献

- [1] Y. Sejima, T. Watanabe, and M. Jindai, "Estimation model of interaction-activated communication based on the heatconduction equation", Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.10, No.9, pp.1-11, 2016.
- [2] G. Kitagawa, "Monte Carlo Filter and Smoother for Non-Gaussian Nonlinear State Space Models", Journal of Computational and Graphical Statistics, vol. 5, no. 1, pp. 1-25, 1996.