

# 確率モデルに基づくコミュニケーション制御と対話ロボット

仲川 潤<sup>†</sup> 佐野 睦夫<sup>‡</sup>

大阪工業大学大学院情報科学研究科<sup>†</sup> 大阪工業大学<sup>‡</sup>

## はじめに

近年、人間の生活する環境の中に進出し、日常生活の中で人間と関わり合いながら活動するコミュニケーションロボットが登場し、注目を集めている。このようなユーザとインタラクションを行うことを前提とするロボットは、言葉を中心とする言語メディアのみならず、自身の身体性を利用したジェスチャーやアイコンタクトといった非言語メディアによるコミュニケーションを自然に行うことが要求される。しかし現状のセンシング技術では十分な情報を得ることができないうえ、人が意図を伝える際に行う動作（表象動作）の表現方法にも個人差が大きく、一意に認識することができない。このような不完全かつ不安定な情報からユーザの意図や状態を認識し、ロボットの行動を選択する方法としてベイジアンネットワークを利用する方法がある。ベイジアンネットワークとは複数の事象間での因果関係を有向グラフで表現した確率モデルである。

本研究ではベイジアンネットワークを利用することを前提として人とロボットのコミュニケーションモデルの構築を行う。本論文ではまずコミュニケーションを行う「場」を構築するまでの手順のモデル化を試みる。また、コミュニケーションロボットを試作し、実証実験を通して構築したモデルの有効性を検証する。

## ロボットの行動制御システムのレイヤ構成

人とロボットのコミュニケーションを実際に制御するためには、当事者たるユーザとロボット、当事者を取り巻く環境などを相互作用という観点からモデル化することが有効である。また、ダイナミックにロボットが取るべき行動を評価しながら実行する仕組みが必要である。

本研究ではベイジアンネットワークを時系列

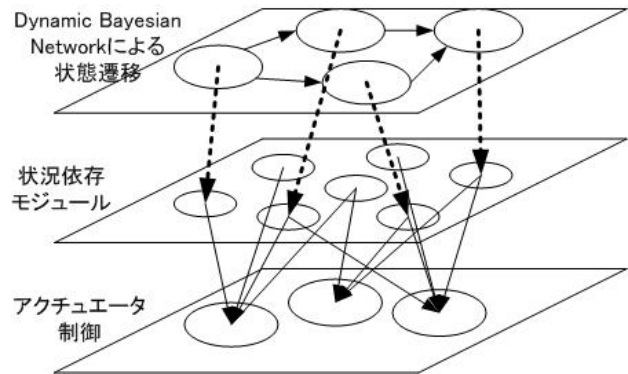


図1 行動制御システムのレイヤ構成

に展開した構造を持つダイナミックベイジアンネットワーク（以降ダイナミックベイジアンネットワークを DBN、通常のベイジアンネットワークを SBN と称する）を利用し、コミュニケーション開始までのシーケンスを記述する。DBN により評価されたロボットの行動は、環境をセンシングしながら状況適応的な振舞いを行う依存モジュールを発火することによって実行される。ロボットの行動制御システムのレイヤ構成を図1に示す。

## コミュニケーション開始までの手順の記述

ロボットがどのような行動を選択するかは状況とユーザの振舞いによって確率的に決定される。状況やユーザの振舞いとロボットの行動の対応付けはインタラクションスキーマ[1]と呼び、インタラクションスキーマを時系列に展開することによってインタラクションの流れを表現することができる。ただし、コミュニケーションの開始までの手順は非決定的であるため、インタラクションの流れそのものも確率的に遷移するように表現できる必要がある。

一般的なコミュニケーション開始までの手順は以下のようなものを想定している。

- 手順1. コミュニケーション相手の特定
- 手順2. アプローチ
- 手順3. 挨拶
- 手順4. コミュニケーションの開始

Human-Robot communication control based on stochastic model and communication robot

<sup>†</sup>Jun Nakagawa <sup>‡</sup>Mutsuo Sano

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science, Osaka Institute of Technology

<sup>‡</sup>Department of Information Science, Osaka Institute of Technology

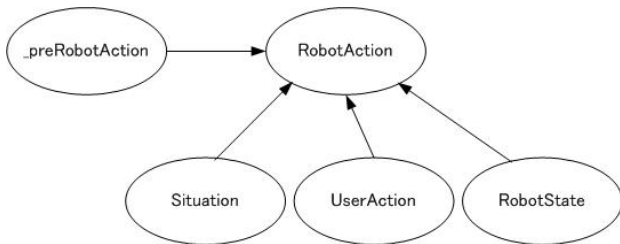


図 2 ロボットの行動決定のための DBN

まず、手順 1 ではコミュニケーション相手の特定が行われるが、コミュニケーションを行うことを最初に意図した方とその相手では解釈が異なる。最初にコミュニケーションを行うことを意図した側は相手に気付いた後、相手に自分を気付かせる行動が行われる。コミュニケーションの相手側はその意図を持った者に気付くことから手順 1 が開始される。

手順 2 は相手との適切な対人距離をとろうとする行動であり、手順 3 とは順序が入れ替わることや共に実行されないこともあり得る。

ロボットの行動を決定する DBN を図 2 に示す。ただし、状況やユーザの振舞い、ロボットの状態を示すノードは巨視的に表現している。

先に述べたコミュニケーションの開始手順は図 2 において `_preRobotAction` ノードと `RobotAction` ノードの遷移確率で表現される。例えば `_preRobotAction` ノードが手順 1 の値を持っている場合、`RobotAction` ノードは手順 2 の値を持つ確率が高くなるようにノードの条件付確率を与えればよい。

### コミュニケーションロボットへの実装

前節で構築したモデルの有効性を検証するために巡回型看護ロボットを開発中である。このロボットはセンサとしてステレオカメラ、レンジセンサ、RFID レシーバ、全方位センサを搭載し、またユーザの心拍などのバイタル情報を外部からの通信によって取得することが可能である。アクチュエータは両腕（肩自由度 2、肘自由度 2）、足（車輪 2）、首（自由度 3）両手先に LED、液晶ディスプレイを搭載している。

図 3 に試作中のロボットの外観を示す。

また、基本的なコミュニケーション機能として「説明する」、「教える」、「気付かせる」、「指し示す」などの実装を行っている。

巡回型看護ロボットとしての機能はユーザの状態をセンシングしながら伴走するペースメイキング機能や病院内の巡回機能の実装を行う。

ロボットへの実装に際して前節で構築した DBN の詳細化を行ったモデルを図 4 に示す。ロボッ

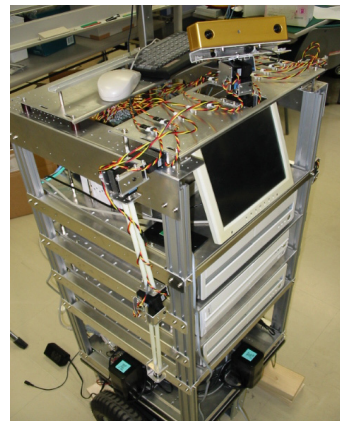


図 3 コミュニケーションロボットの外観

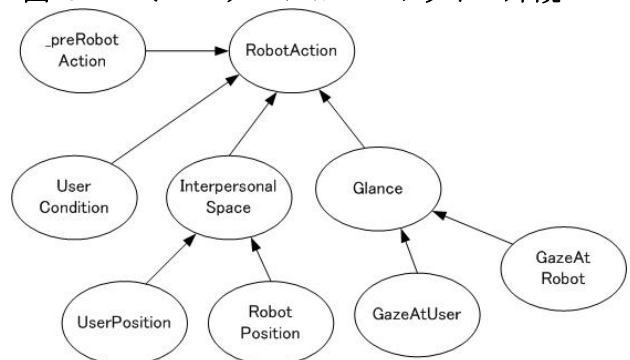


図 4 詳細化したロボットの行動決定のための DBN

トの行動決定における重要な要素として新たに視線の一致、対人距離、ユーザの状態を示すノードを追加した。

### おわりに

本研究では DBN によるコミュニケーションの「場」を構築するまでの手順のモデル化を行った。また、構築したモデルを検証するため、巡回型看護ロボットの試作とモデルの詳細化を行った。

今後は更にモデルの最適化を行うために DBN の学習を行っていく。蓄積した動作ログからの統計的学習だけでなく、モデルの構造を適切な評価基準を用いて適応的に修正する問題にも取り組んでいく予定である。

### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省研究補助金（基盤 C 17500128, 2005-04）の支援を受けた。

### 参考文献

[1]小笠原 嘉靖, 田島 敬士, 畠山 誠, 西田 豊明:”引き込み現象に基づく人間とロボットの暗黙情報のコミュニケーション”, 第 18 回人工知能学会全国大会 (2004)