

# 対話型自律移動ロボットのソフトウェア構築例とその評価

5M-5

田代 純也, 岡 哲資, 高瀬 國克  
電気通信大学 情報システム学研究所

## 1 はじめに

本研究では実世界で自律的に活動するロボットが自然言語を用いたコミュニケーションを行なうこと考え、お互いの意図の理解や互いに必要な情報などを交換し、自分のタスクに利用できるような対話型自律ロボットの実現を目標としている。

本稿では、他ロボットや人間と対話を行ないながら、自律的に目的地に到達するための意志決定を行なう移動ロボットの情報処理のソフトウェアの構築例を示す。シミュレーション実験を行ない、具体的なタスクを決定することでロボットの内部状態の表現方法、対話の文脈、対話で獲得したい情報などが決定でき、対話によるタスク達成のための情報取得が有効であることを示す。生成された対話および行動のトレース結果や、記述されたプログラムを定性的に解析することでシステムの評価を行ない、問題点も明らかにする。

## 2 設計アプローチ

本研究における自律ロボットの記述は、多数の非同期並行プロセス (BU) のネットワークから成る、実時間非同期並列処理モデル BeNet[1] に基づき、Java 言語を使用した実装環境 BNJ によって行なっている。自律ロボットの記述は、Java 言語のクラス機能を用いてオブジェクト指向によって行なっている。自律ロボットが持つ内部状態の保持及びその処理は、環境地図の探索を行なう mapBU と、対話及び行動決定を行なう agentBU の2つの BU として記述する。

ロボットの対話行動の目的は、「相手の内部状態に影響を与えることにより、相手の行動を変化させようとする」、「自分の行動に必要な知識を相手から取得する」などである。対話においてやりとりする情報は、環境に関する知識や自分の状況など、互いの内部状態である。

実際のタスク、対話を行なう状況を明確にすること

で、状況、文脈に基づいた対話を実現することができる。実際の記述では、自分の内部状態、対話などに使用する知識、さらにこれらの情報を使った状況に応じたメッセージの解析、発話内容の決定などを実現するためのメソッドを、対話機能実現のためのクラスのメンバーとして用意し、このクラスのオブジェクトを対話の際に使用することで、対話機能を実現している。ロボットは状況、文脈に応じて相手のメッセージを解析、発話を行なって対話を進める。メッセージの解析においては文脈によって注目する単語を絞り込み、単語辞書を用いてキーワード検索を行なって文意を決定している。厳密な構文解析を行わないことで実時間性を確保し、曖昧性に関しては、相手の意図を再確認する、YES/NO 形式の質問を利用するなどして補っている。

自律ロボットはこのような対話における相手のメッセージや、環境の状態を短い周期で観察しながら、自分の内部状態を書き換えていくことで、動的な環境に対応、適応することができる。

## 3 対話型自律ロボットの記述

本研究では、1) 対人間と対話可能なロボット、2) 対ロボットと対人間両方と対話可能なロボットを設計、シミュレーション実験を行なった。

1) のシステムでは、対話の進行を状態遷移機構によって行なっている。各ノードが対話中のある状態を表し、状態遷移可能なノード同士は有向リンクで結合されている。ロボットは各々の状態において、相手のメッセージや実時間などを状況に応じてモニタリングし、相手からのメッセージ入力やメッセージの入出力タイミングなどをきっかけとして他の状態に遷移する。この状態遷移機構は、タスクのために有用な情報を得られるようなシナリオとして設計されているので、対話の終了を行なう状態にたどり着いた時点では、対話開始時点で必要だった情報がロボットの内部状態として保存される。

2) のシステムでも、取得したい情報を得られるようなシナリオが用意されているが、どの状態においても相手のメッセージは常にモニタリングされており、進行中のシナリオに応じて返答を行なったり能動的な発話を行

う。従って、メッセージ内に注目しているキーワードなどが存在しない場合などにも、理解できないという旨のメッセージが出力するなどして、デッドロックを起こさずに対話を進めることができよう設計されている。

#### 4 シミュレーション実験

ここでは、第3節の1), 2) 両方の場合について、互いに目的地に到達するという目標を与えて行なったシミュレーション実験およびその結果について述べる。

人間は移動用ボタンによって自分の仮想的な体を操作し、対話はキーボードによって行なう。対話のメッセージは英語の文字列とし、人間はキーボードによってメッセージを送る。Fig.1がシミュレーション実験に用いたシミュレータのインターフェイスであり、ウィンドウには環境の状態が表示される。環境中の数字はロボットが認識できるランドマークであり、黒い部分は侵入不可能な障害物である。下方にあるエリアは、対話の際に文字列の入力と表示を行なう部分である。

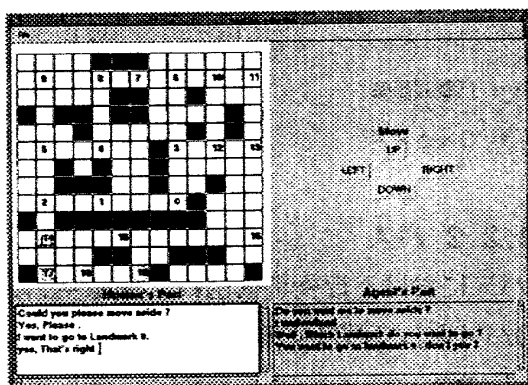


Fig.1: Interface Window of Simulator

##### 4.1 対人間の対話を用いたナビゲーション

環境中には自律ロボット1台と人間の仮想的な体であるロボット1台が存在し、ゴールはそれぞれランドマーク19, 0である。Fig.1において環境の左下でロボットと人間が出会い対話を行なっている。自律ロボット(上)は人間の経路上にいるために競合が生じていることを確認した後、ランドマーク15に回避し、人間は用意にゴール0に到達することができた。その後ロボットも自分のゴール19に到達した。

このシステムでは、人間の発話をあらかじめ予測してシナリオを作成しているため、対人間との対話では競合回避が成功する。これは、ロボットの発話に対して人間がロボットの意図を的確に判断し返答したり、対話が不自然な場合にも人間が対話を誘導するというやりとりが行なわれるためである。しかし、このシステムをそのま

まロボット同士の対話に適用しても、互いに予測しているメッセージが送られずにデッドロックを起こし、対話を行なうことができないということが明らかになった。

##### 4.2 対人間および対ロボットとの対話の両立

4.1の結果から、単なる状態遷移だけではなく、常に相手のメッセージをモニタし、状況と文脈に応じて発話を行なうようシステムに改良を加えた。ロボット同士の対話では、対話の進行に再現性があるので、有用な情報を交換できる形式的なシナリオを作成した。更に人間との対話も自然に行なえるよう、発話のタイミングの制御、断続的なメッセージのモニタリングを加えることで、対人間と対ロボットの対話を両立させることが可能となった。このシステムで4.1と同様の実験を行なったところ、ロボット同士でも、対人間でも同じように対話を用いた競合回避を実現することができた。

##### 4.3 考察

この実験結果から、対人間とロボット同士の対話を両立させるためには、ロボット同士の対話を実現するための形式的なシナリオを用意し、更に発話のタイミングの制御、メッセージのモニタリング、キーワードマッチングによる実時間の確保、相手の文意確認等で人間との対話も実現できる。またこのようにタスクを明確にすることで、内部に持つべき情報、対話の文脈、解析の手法が決定され、対話による必要な情報の取得、自分の内部状態の伝達を行なうことも明らかになった。

#### 5 おわりに

本研究では、競合回避と経路決定のための対話を行ないながら、自律的に目的地に到達するための意志決定を行なう移動ロボットをBeNetによって実現した。具体的に対話型ロボットのソフトウェアの構築例を示し、実験結果をもとに対話機能について評価、考察を行なった。対人間及びロボット同士において、対話利用の有効性が確認できた。今後は複数の情報取得のための対話、複数相手との対話などが課題である。

#### 参考文献

- [1] 岡 哲資. "ビヘービアネットによる自律ロボットの機能統合", 東京大学情報工学専攻博士論文 (1995)
- [2] 岡 哲資ほか. "Java および BeNet に基づく自律システムのプログラミング環境", 第15回日本ロボット学会学術講演会予稿集 (1997)
- [3] 田代 純也ほか. "自律エージェントの対話行動の研究 第2報 対話を利用したナビゲーションの行動戦略", ロボティクス・メカトロニクス講演会'97 予稿集 (1997)