

# サービスロボットにおける複数ユーザからの指示に対する応答順序決定のための優先度判断

池田 新樹<sup>†</sup> 今井 順一<sup>†</sup> 金子 正秀<sup>†</sup>

電気通信大学 大学院電気通信学研究科<sup>†</sup>

## 1. まえがき

近年、人間と共存するコミュニケーションロボットの実用化に向けた研究が盛んになってきている。こうしたコミュニケーションロボットは、AIBO、QRIOのように個人が所有し人のパートナーとなるパーソナルロボットと、WAKAMARUやSmartPalのように商業施設やレストランで接客やエンターテインメントに利用されるサービスロボットに分類することができる。サービスロボットでは、ロボットは複数人を相手にインタラクションを取ることを前提として設計することが必要となってくる。本論文では、複数ユーザ環境において、ロボットがあるユーザから指示されたタスクを実行中に別のユーザから指示を受ける、というケースが起こり得ることに着目した。従来のロボットのようにシングルタスクしか考慮していない場合、一つのタスクの実行中は他のタスクを割り込ませることが出来ず融通の利かないロボットになってしまう。そこで、ロボットが割り込みや複数タスクの調停を実行できるよう、優先度による応答順序決定モデルを提案する。

本論文では、“オブジェクトを取ってくる”という典型的な作業支援のタスクについて、複数ユーザの存在するインタラクションの場を作り、応答順序決定モデルを示す。

## 2. 応答順序決定モデルの構築

### 2.1 タスクモデル

本論文では、ロボットのタスク実行の流れとして、「ユーザがロボットに呼びかけを行い、タスクを指示する。」という形態を考える。ユーザの呼びかけに反応し、どのようなタスクを行えばよいのかを把握するタスクを「内容理解タスク (Recognition Task)」、内容理解することで発生するタスクを「指示タスク (Order Task)」と呼ぶ。なお本論文では、割り込みや順序決定の対象として扱うのは「指示タスク」のみとする。

## 2.2 動作の流れ

割り込みを考慮したインタラクションの流れを図1に示す。ロボットが待機時、ユーザから呼びかけられるとロボットはまず内容理解タスクを実行する。内容理解タスクによって、タスクとその作業内容を把握すると、各タスクの優先度の基本要素の獲得のモジュールが呼び出され実行される。得られた優先度要素からタスクに対する優先度を計算し、キューにセットし、その後タスクの実行に移る。実行中に他ユーザから呼びかけがあった場合には実行を中断し、再び内容理解タスクを行う。またタスクが終了したら再びキューを呼び出し、キューにタスクが無いときはロボットは待機状態へ移行する。このように割り込みを許す記述の場合、シングルタスクに加え中断と復帰の行動モジュールを記述する必要がある。中断行動モジュールとは、割り込みが行われたとき安全に中断するためのものであり、復帰行動モジュールとは、タスクを正確に復帰できるようにしたモジュールである。

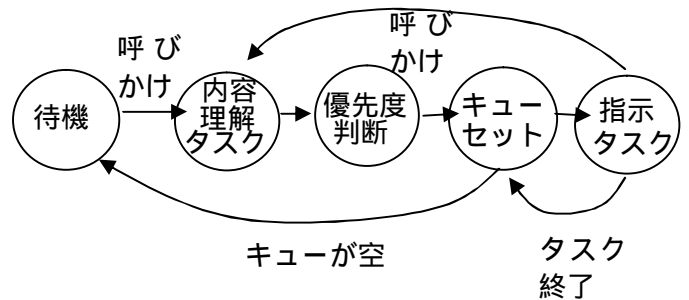


図1 割り込みを考慮したインタラクションの流れ

## 2.3 応答順序決定モデル

応答順序決定モデルでは、内容理解タスクから指示タスクの実行に移る前に、以下に示す優先度の基本要素を取得する行動モジュールが実行される。取得した要素からタスクの優先度が計算され、優先度に応じてタスクキューに格納される。

a)  $p_1$  : タスクの予測実行時間

タスクの実行時間の短いものから実行することで、応答性・効率を上げるための要素。タスクの過去の履歴やタスクごとに予測を行う行動モジュールを作成し、予測を行う。キューにあるタスク  $1, 2, \dots, N$  の予測実行時間をそれぞれ  $t_n$

**Priority Decision to Determine Order of Responses in Service Robot for Requests by Multiple Users.**  
Araki IKEDA<sup>†</sup>, Jun-ichi IMAI<sup>†</sup>, and Masahide KANEKO<sup>†</sup>  
Graduate School of Electro-Communications, The University of Electro-Communications  
1-5-1, Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo 182-8585, Japan  
{ikeda, imai, kaneko}@radish.ee.uec.ac.jp

$t_2 \dots t_N$ とした時、タスク  $k$  における  $p_1$  の出力  $p_{1k}$  は以下の式で与える。

$$p_{1k} = 1 - \frac{t_k}{\sum_{i=1}^N t_i}$$

- b)  $p_2$  : ユーザの緊急度  
 ユーザの時間的要望を推定した要素。内容理解タスクで取得した指示履歴に含まれる「すぐに」「なるべく早く」「あとで」「いつでもいいから」といった時間的な要望や、緊急度を調べるインタラクションを通して取得される。
- c)  $p_3$  : ユーザの属性  
 「上司」「部下」や「店員」「客」といった環境におけるユーザを区分し、ユーザの属性からタスクの重要度を推定する要素。
- d)  $p_4$  : ユーザの年代  
 子供、青年、中年、熟年の 4 年代に分類し、特定の年代にアドバンテージを持たせる。

この 4 つの基本要素をタスクごとに計算し、式(2)における  $P$  の値の大小関係の比較により応答順序決定を行う。なお、 $\cdot$  は内積を表す。

$$P = \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{p}$$

$$\mathbf{w} = [w_1, w_2, w_3, w_4]^T \quad 0 \leq w_i \leq 1$$

$$\mathbf{p} = [p_1, p_2, p_3, p_4]^T \quad 0 \leq p_i \leq 1$$

なお

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1 \quad (3)$$

$\mathbf{p}$  は基本要素ベクトル、 $\mathbf{w}$  は各要素への重みベクトルである。

### 3. シミュレーション実験

「オブジェクトを取って来る」というタスクについて、複数のユーザから指示を受け応答順序決定を行うシミュレーションを作成した。このシミュレーションでは、まずユーザはロボットに呼びかけを行う(ことで内容理解タスクが作動する)。次にロボットにタスクの指示を行い、優先度が計算され、実行キューへ移される。指示タスクの実行中、任意のタイミングで割り込みボタンを押す事で割り込みが行うことができ、優先度による比較を行う。

応答順序決定のシミュレーション実験の具体例を図 2 に示す。

・ユーザ (属性無し、中年)から指示を受けて距離が 10m 離れたオブジェクト を取りに行く(タスク )最中に、8m 進んだところで、ユーザ (属性無し、中年)に「大至急」7m 離れたところにあるオブジェクト を取ってきて欲しい(タスク )と指

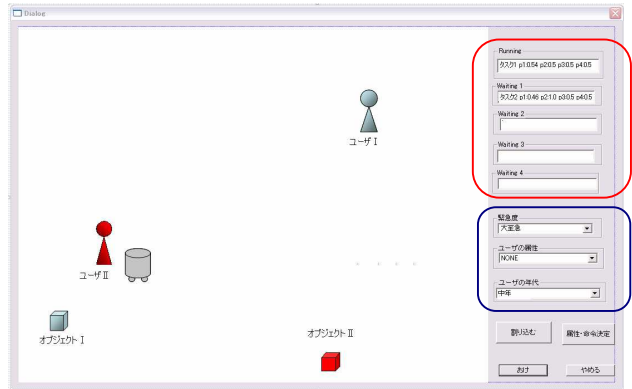
示される。

タスク 1、タスク 2 の基本要素の出力は図 2(c) に示すとおりになる。本シミュレーションでは重みベクトルの値は  $\mathbf{w} = [0.4, 0.3, 0.2, 0.1]^T$  とした。タスク 1、タスク 2 の優先度の出力は

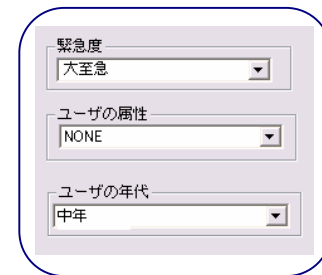
$$P_1 = \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{p} = 0.516$$

$$P_2 = \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{p} = 0.634$$

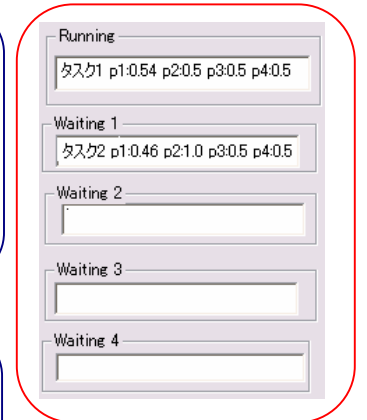
となり、この場合にはタスク 2 が優先されることになる。



(a) ユーザ 1



(b) ユーザ 2



(c) 優先度計算の結果

図 2 シミュレーション実験の画面の例

### 4. むすび

サービスロボットにおける複数ユーザからの指示に対する応答順序決定のための優先度判断について述べた。

今後は、例えばレストランで給仕サービスを行うロボットなどの具体例を設定した上で、優先度判断方法について検討を進めていきたい。

### 参考文献

[1] 林亮博, 他: “コミュニケーションモデル...,” 信学論 D, Vol.J88-D1, No.12, pp.1760-1772, 2005.12.