

## 自律ロボットへの教示とユーザの気づきを促すインタラクション

## Indirect Interaction for Encouraging User to Teach and Notice Robot

石井 健太郎\*<sup>1</sup>      石黒 浩\*<sup>2</sup>  
 Kentaro Ishii      Hiroshi Ishiguro

\*<sup>1</sup>東京大学大学院 情報学環

Interfaculty Initiative in Information Studies, the University of Tokyo

\*<sup>2</sup>大阪大学大学院 基礎工学研究科 / 国際電気通信基礎技術研究所

Graduate School of Engineering Science, Osaka University / Advanced Telecommunications Research Institute International

## 1. はじめに

人間とロボットの対話に関する研究が行われており、将来ロボットがより身近な環境で動作する際に有用な知見が得られている。その中で、人間がロボットに対して機械を超えた感情や対応を示した報告もあり、人間がロボットに対して親しみを感ずるようになれば、ロボット本来の作業を行うという目的に加えて様々な応用が期待できる。一方、自動掃除ロボットが市販されているように、家庭環境で人間の作業を肩代わりするロボットが実現されている。このようなロボットは、通常ユーザの指示に従って作業を行い、ユーザにとっては道具の意味合いが強い。

本研究は、上記のような家庭における作業ロボットに対してユーザが親しみを感ずることの実現を試みる。そのためのアプローチとして、ユーザはロボットに対して知識や好みの教示を行い、ロボットは環境に対する発見をユーザに伝えるといった、相互の寄与を念頭に置いている。対話はロボットが撮影した画像をもとに間接的に行われ、ロボットはユーザの持つタッチパネル付きのデバイスにメッセージを追加していき、ユーザからの入力タッチパネルの操作によって行われる。本論文では、以上のアプローチに基づいて開発したシステム的设计と実装について述べる。

## 2. 関連研究

Matsumoto らは、環境中に特異な風景を見つけると、記事を生成する Journalist Robot を提案した [Matsumoto 07]。また、Jacobsson らは、自律ロボットにタグを付け、その自律動作を変化させる手法を提案した [Jacobsson 10]。本研究のインタラクションを設計の際に、これらの研究を参考にした。ロボットを保育園や家庭に導入した際に人間がどのように受け入れるかを調べる研究も行われており [Tanaka 07]、本研究で用いる自律掃除ロボットルンバを用いた研究も行われている [Forlizzi 06, Sung 09]。

## 3. ユーザとロボットのインタラクション

### 3.1 システム構成

システムは、ロボットに加えてサーバコンピュータとクライアントデバイスからなる (図 1)。ロボットプラットフォーム

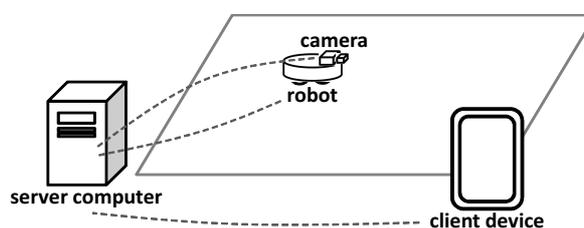


図 1: システム構成

ムには、iRobot 社の自動掃除ロボットルンバを用い、ネットワークカメラを搭載した。サーバコンピュータは、ロボットとは Bluetooth で接続されており、ロボットの動作を制御する。また、ネットワークカメラとは Wi-Fi で接続されており、ロボット視点の画像を取得することができる。クライアントデバイスは、ロボットのメッセージを提示し、ユーザの入力を受け付けるフロントエンドであり、タッチパネルを搭載したラップトップを用いた。サーバコンピュータとクライアントデバイスとは Wi-Fi で接続されている。

### 3.2 ユーザインタフェース

クライアントデバイスに提示される画面にはメッセージリストと詳細画面の 2 種類がある (図 2)。メッセージリストには、ロボットからのメッセージが列挙される。いずれかのメッセージを選択すると、選択したメッセージの詳細画面に切り替えることができ、画像上のタッチ操作によりユーザの入力を受け付ける。

### 3.3 インタラクションパターン

#### 3.3.1 走行可能領域の問いかけと教示

システムが起動してまず最初に、ロボットが走行可能な領域を問いかけるメッセージを送る。ユーザは画像中の床面をなぞることによって、走行可能領域をロボットに教示できる (図 3)。走行可能領域に関する知識は HSV 色空間の集合として保持され、新規に撮影される画像中の走行可能領域を求めるために用いられる。新規画像の走行可能領域は、3.3.2 節で述べる物体の切り出しのための情報として利用され、ロボットが実際に走行するかどうかの判定には利用していない。走行可能領域が見当たらない場所でロボットが停止した際には、再度走行可能領域の問いかけを行う。

連絡先: 石井健太郎, 東京大学大学院情報学環, 東京都文京区本郷 7-3-1, kenta@sakamura-lab.org



図 2: メッセージリストと詳細画面



図 3: 走行可能領域の問いかけと教示

### 3.3.2 物体の問いかけと反応

3.4 節で述べる条件を満たして自律掃除ロボットが停止した際には、ロボットに搭載されているカメラの画像を取得して物体の切り出しを試みる。物体の切り出しは、色情報をもとにした画像セグメンテーションによって行われる。3.3.1 節で述べた走行可能領域が利用できる場合には、ある程度以上囲まれている画像セグメントを対象物体として、その画像セグメントをハイライト表示する (図 4)。物体の問いかけメッセージに使用されるロボットのコメントはランダムに決定される。ユーザは画像上をなぞることによって、ポジティブな反応とネガティブな反応を示すことができ、この反応は 3.5 節で述べるメッセージの絞り込みに用いられる。システムは、ぐちゃぐちゃとなぞるような素早く繰り返しのタッチ操作をネガティブな反応とし、それ以外のタッチ操作をポジティブな反応とみなす。タッチ操作が行われない場合は、ややネガティブな反応であるとみなす。

### 3.4 自律掃除ロボットの制御

システムは、ユーザがタイマーで設定した掃除がスケジュール実行された際に、1つの動作セッションを開始する。動作セッション中は、オドメトリによりバッテリーステーションを基準

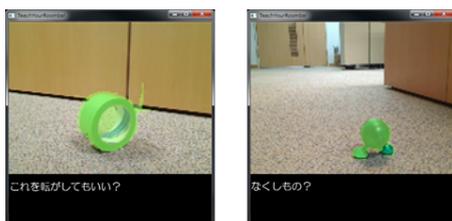


図 4: 物体の問いかけ

とした自己位置を追跡しており、まだ踏み入れていない領域に入る際に、掃除動作を一時停止して、3.3 節で述べた画像の撮影とメッセージの生成を行う。その後、ロボットの自律掃除を再開する。

### 3.5 ロボットからのメッセージの追加

物体の問いかけメッセージは、ロボットの自己位置が変化するタイミングで生成されており、必ずしもその画像中に目新しい画像セグメントがあるとは限らない。このため、生成された物体の問いかけメッセージをクライアントデバイスに提示する前に、メッセージの絞り込みを行う。各メッセージは画像セグメントの特徴量によってスコア化され、そのスコアが十分に高いかどうかによって絞り込みの判定を行う。この際に、それまでのメッセージで使用した画像との差分とユーザの反応を考慮して、メッセージのスコアを調整する。このことにより、ロボットが自律移動を行うことやユーザが反応を返すことが、選択されるメッセージに影響を与え、同じ環境でロボットが動作を繰り返したとしても異なるメッセージが生成されていく仕組みとなっている。

## 4. まとめと今後の展望

本論文では、自律掃除ロボットに対してユーザが親しみを感ずることの実現の試みとして、ロボットが撮影した画像をもとに、ユーザの持つデバイスで間接的に対話するシステムの設計と実装を述べた。今後、開発したシステムを家庭に導入して効果を評価するユーザテストを行う計画である。ユーザテストで得られたデータをもとに、ユーザが自律掃除ロボットをどのように受け入れるかの知見をまとめる予定である。

## 参考文献

- [Forlizzi 06] Forlizzi, J. and DiSalvo, C: Service Robots in the Domestic Environment: A Study of the Roomba Vacuum in the Home, Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART Conference on Human-Robot Interaction, pp.258-265, (2006).
- [Jacobsson 10] Jacobsson, M., Fernaeus, Y., and Tieben, R.: The Look, the Feel and the Action: Making Sets of ActDresses for Robotic Movement, Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems, pp.132-140, (2010).
- [Matsumoto 07] Matsumoto, R., Nakayama, H., Harada, T., and Kuniyoshi, Y.: Journalist Robot: Robot System Making News Articles from Real World, Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1234-1241, (2007).
- [Sung 09] Sung, JY., Grinter, R. E., Christensen, H. I.: "Pimp My Roomba": Designing for Personalization, Proceedings of the 27th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.193-196, (2009).
- [Tanaka 07] Tanaka, F., Cicourel, A., and Movellan, J. R.: Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol.104, No.46, pp.17954-17958, (2007).