

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16047

研究課題名(和文)人間と自律ロボットの相互寄与による情報環境の構築

研究課題名(英文)Building Information Environment by Human-Robot Mutual Contribution

研究代表者

石井 健太郎(Ishii, Kentaro)

大阪工業大学・情報科学部・講師

研究者番号：10588742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：人間と自律ロボットが互いに双方が活動する環境を作り上げるための技術の提案として、自律ロボットの移動経路を人間の好みに応じて組み替えるデバイスの開発と自律ロボットが収集した環境の画像を人間に提示するインターフェースの開発を行った。また、それぞれについて、人間と自律ロボットによる相互寄与の効果をユーザスタディにより検証した。

研究成果の概要(英文)：We proposed devices for human to configure robot navigation routes and an interface for robots to interact with human through captured photos. We also conducted user studies to investigate effectiveness of mutual contribution by using the proposed systems.

研究分野：ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：ヒューマンロボットインタラクション 自律ロボット 相互寄与

1. 研究開始当初の背景

自律掃除ロボットが市販されるなど、ロボットを利用する機会が増えており、今後もより人間の活動環境で自律ロボットが使用されると考える。このような背景のもと、研究代表者は過去に自律ロボットへの指示手法を提案してきた。それらの研究では、人間にとって面倒な作業はロボットが自律的に行うが、完全自律では理解が困難な作業のゴールを人間が与えており、人間と自律ロボットが相補的に、自らが得意で相手が不得意な作業を行う。

2. 研究の目的

本研究は、以上の考えを一步進めて、人間とロボットが互いに双方が活動する環境を作り上げるための技術を確立し、双方が相手の活動によって情報を得るという関係性を構築することを目指す。すなわち、人間から見た情報環境の構築を、これまでの都度の指示手法だけではなく、以後の指示を簡便にすることやロボットの自律動作に対するヒントを与えることととらえ、さらに、自律ロボットから見た情報環境の構築を、新たにロボットの自律動作による人間の環境に対する気づきという形で目指す。情報環境が構築されるにつれ、ロボットが実行可能なタスクは増えていき、人間は環境に関する情報をより多く得るようになっていく。例えば、はじめはどこがどこかわからなかったロボットが、特定の場所まで自律的に物体を運ぶことができるようになり、同時に、人間にはどの場所にどの物体があったという情報を知らせることができるようになる。本研究は、このように、環境を構築することこそが人間とロボットが共生していくために重要であるというアプローチをとる。

3. 研究の方法

人間・ロボット相互による情報環境の構築の研究目標を達成するため、まず技術基盤の構築を行い、その後行動実験・ユーザスタディを行うことが、研究方法における中心的アイデアである。具体的には、以下の3つの研究項目を実施した。

【研究項目1】人間が環境の名前と意味を与える技術(研究成果(1))

【研究項目2】環境に対する気づきを促す自律ロボットの動作レポート生成(研究成果(2))

【研究項目3】非専門家を対象とした行動実験・ユーザスタディ(研究成果(3),(4),(5),(6))

4. 研究成果

(1) 目的地候補となる位置に赤外線送受信機能を備えたデバイスをあらかじめ設置しておき、デバイスから送信される信号を、ロボットに搭載したデバイスで受信し、その信号を頼りにロボットの誘導を行う手法を提案した。直進性に優れた赤外線信号を受信可能な状態は、デバイス間に物理的障害がない状

態であることを意味し、ロボットが当該デバイス間を移動可能であると見込むことができる。ユーザが行う配置作業は移動経路を想定しながらデバイスを配置することのみである。地図の生成や、それにもなう目的地候補と座標情報のマッチングを行う必要はなく、あらかじめデバイスに付与した番号に対して目的地の名称を与えればよい。ユーザがロボットに指示を出す際には、与えた名称を覚えておくだけで指示・誘導が可能である。また、ロボットは基本的にデバイス間のみを移動するため、ユーザが望まない領域にロボットが侵入することはない。家具の移動で相互通信ができない状態となった場合も、それに合わせてデバイスの追加や再配置を行うだけで移動経路を組み替えることができる。以上の考えを、デバイスの実装として実現し、段階的な改良を経て、最終的には2.5cm角15gの装置となった(図1)。

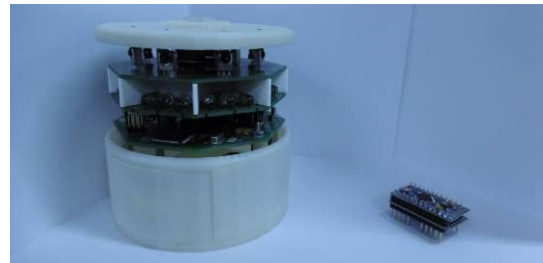


図1 移動経路を組み替えるデバイス

(2) ロボットの自律作業の間に、カメラ画像を取得しておき、その中から特異な箇所があったものを動作レポートとして人間に提示する仕組みを提案した。ロボットのユーザは、例えばどこにいったかわからなくなっていたアクセサリをみつけるというように、動作レポートから環境に対する気づきを得ることが期待できる。図2は、画像収集ロボットが取得した画像群である。この中からユーザに優先的に提示すべき画像を計算し提示することとした。研究室の生活環境で動作させたところ、床に落ちていたものを発見する・部屋が散らかっていることに気づく・画像自体が自分では見ることが難しいアングルで撮影されるので見ていておもしろいといったポジティブな効果があることがわかった。

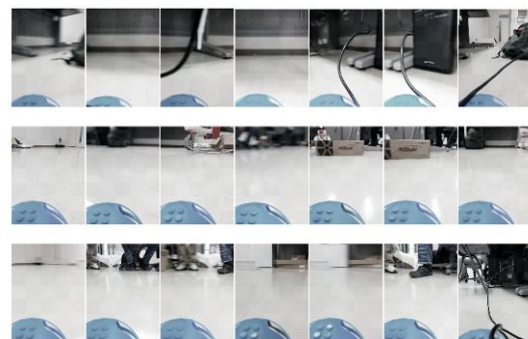


図2 画像収集ロボットが取得した画像

(3) 赤外線送受信デバイスを用いて、SLAMで生成した地図に意味付けを行う手法を提案した。通常の方法として考えられる地図上から場所を選択して意味付けする手法では、地図空間と実空間をユーザが照らし合わせなければならない。提案手法では、ユーザは赤外線送受信機能を備えた小型デバイスを、実空間内に設置するだけで、ロボットが地図空間上の位置と実空間上の位置を自動的に対応付けることができ、ユーザの負担を軽減することができる(図3)。ユーザスタディによって実際に両方の手法を利用してもらうことによって、提案手法の小型デバイスを実空間上に設置する手法と、従来手法の地図上から場所を選択する手法の比較調査を行った。

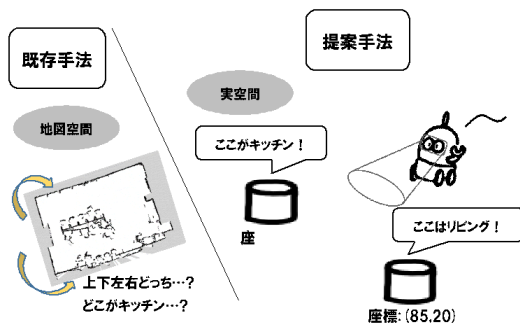


図3 地図上に意味を与える手法の比較

その結果、自律ロボットの高さで地図を生成した場合、普段目にしていない実空間と形が異なる場合があり、地図を実空間と見比べると時間を要する場合があることが判明した。また、質問調査紙の結果からは、既存手法は時間がかかることや、負担になることが明らかとなり、実空間上で情報環境の構築が行える提案手法の優位性が明らかとなった。さらに、提案手法では、自律ロボットが地図を生成してからでないとユーザによる情報環境の構築が行うことができない一方で、提案手法では、自律ロボットの地図生成が完了していなくても、情報環境の構築が行うことができることが判明した。

(4) 赤外線送受信デバイスを設置する際に、ユーザは各デバイスが必ず1つ以上のほかのデバイスと通信を行える状態で孤立することがないように設置されなければならないという制約がある。この制約を守るのは、ユーザに任せられた作業であり、その作業をシステムがどれだけサポートできるかについて、ユーザスタディにより検証した。最初に考えた方法は、赤外線の送受信を可視化することである。デバイスに赤外線の送受信機の数だけLEDを搭載し、送信または受信が行われたときは特定のパターンで光らせることによって、隣接関係があることを可視化するものである。より具体的には、デバイスに備え付けられたLEDを、信号を送信

または受信したタイミングで、対応する方向のLEDを短く2度点滅させる。これにより、信号を送信したデバイスとその信号を受信したデバイスは同期して点滅するため、信号が届いているかの確認を行うことができる(図4)。

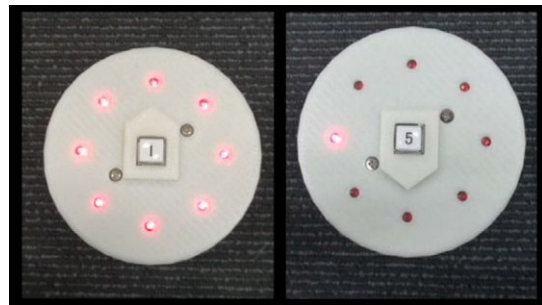


図4 デバイスのLEDフィードバック

しかし、ユーザスタディに参加した非専門家にとっては、赤外線の送信・受信ということを考えることそのものが、難しいことであることが明らかとなった。聞きとり調査により、置いた場所がよいのか悪いのかを知らせてくれるような仕組みが必要とされているという知見が得られ、それを基にした改良を行った。具体的には、自身が発した信号が、直接であるかほかのデバイスを経由したにかかわらず、ロボットまで到達できた場合に、そのデバイスはネットワークに参加していることとし、ネットワークに参加しているか否かをLEDで表示することとした。ユーザが置いたデバイスがネットワークに参加するならばその場所の設置はよいものであり、参加できないならばその場所の設置は悪いものであると判断することができる。この方法の実現のために、信号を伝播させる仕組みをとりいれる必要があり、ソフトウェアも改良した。

改良されたLEDフィードバックをもとに、再度のユーザスタディにより2つの手法を比較したところ、改良手法のほうが支持され、設置のパフォーマンスも向上した。当初手法と比較すると、改良手法は情報をより少なく提示するようにしたものであるが、デバイスの状態のすべてを提示するのではなく、簡略化したほうがよい場合があるという知見が得られた。

(5) 情報環境の構築の一環として、人間がロボットに情報を教示するときのふるまいと、ロボットがユーザに情報を教示してもらうときのふるまいについて、特徴的なものや効果的なものがあるかを調べる行動実験を行った。星を枠内にあてはめることを目的とするパズルゲームを題材に、対話によりパズルゲームの解きかたを人間に教わるロボットを実装し、ロボットのふるまいを変化させたときの人間のふるまいを調査する方法を用いた。

その結果、教えたことをすぐに理解して実施するよりも、偶発的に誤った理解の動作を実施するほうが人間の協力を引き出したことが明らかとなった。また、ロボットが今の理解を表出する発話を行うことで、人間が作業途中にもロボットに目を向けることで、教示が効果的になることも示された(図 5)。



図 5 ロボットに目を向ける実験参加者

(6) 対照的に、ロボットから情報を提供することが、効果的に働くかを理解することを目的として、ロボットとの対話による学習方法が有効であるかを検討する調査を行った。導入は進んでいるがいまだ目新しく興味深いロボットが、対話の中で学習者が必要とする知識を提供するのであれば、学習者が1人で記憶するよりも高い効果を得ることが期待できる。以上の構想をもとに、英単語学習を題材として、ロボットがコミュニケーションをとりながら学習をうながすロボットアプリケーションを実装した。ロボットとの対話を体験したあと、英単語の発音と日本語訳をどれだけ記憶できるかの実験を行った(図 6)。



図 6 ロボットとの対話による学習

その結果、英単語の記憶のスコアに関して、期待していたロボットとの対話による効果は認められなかったが、人間が理解できなかった際に、ロボットにもう1度発話を求める繰り返しを行った単語は記憶されるという知見が得られ、ロボットとの対話の経験が学習の促進に活かすことができる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Hirofumi Okazaki, Yusuke Kanai,
Masa Ogata, Komei Hasegawa,

Kentaro Ishii, Michita Imai. “Toward Understanding Pedagogical Relationship in Human-Robot Interaction”. Journal of Robotics and Mechatronics, 査読有, Vol.28, No.1, pp.69-78, 2016.
DOI: 10.20965/jrm.2016.p0069

〔学会発表〕(計5件)

石井健太郎. “ロボットのユーザインタフェース”. システム制御情報学会研究発表講演会(招待講演), 2017年5月25日, 京都テルサ(京都府・京都市).

益田凜, 石井健太郎. “赤外線誘導デバイスを用いた SLAM 地図上の意味付け”. 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会, 2016年9月20日, 東京大学本郷キャンパス(東京都・文京区).

馬越彰, 石井健太郎. “自律ロボットの移動経路を組み替える赤外線誘導デバイス”. 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会, 2016年2月21日, 九州工業大学飯塚キャンパス(福岡県・飯塚市).

進藤友馬, 石井健太郎. “ロボットとのコミュニケーションによる学習”. 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会, 電子情報通信学会クラウドネットワークロボット研究会, 2016年2月21日, 九州工業大学飯塚キャンパス(福岡県・飯塚市).

Hirofumi Okazaki, Yusuke Kanai,
Masa Ogata, Komei Hasegawa,
Kentaro Ishii, Michita Imai. “Building Pedagogical Relationships Between Humans and Robots in Natural Interactions”. International Conference on Human-Agent Interaction, 2015年10月23日, Daegu (Korea).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 健太郎 (ISHII, Kentaro)
大阪工業大学・情報科学部・講師
研究者番号: 10588472