

解説

ロボット操作インタフェースの新展開

—JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクトでの試み—

Novel Robot Control Interfaces

—Researches in JST ERATO Igarashi Design Interface Project—

稲見 昌彦^{*1*} 橋本 直^{*2} ^{*1}慶應義塾大学 ^{*2}科学技術振興機構 ERATO

Masahiko Inami^{*1*} and Sunao Hashimoto^{*2} ^{*1}Keio University ^{*2}Japan Science and Technology Agency ERATO

1. はじめに

ロボットが将来日常生活に浸透し、利用されるようになったとき、ユーザはロボットとどう接すればよいのだろうか。例えばコンピュータも、映画「2001年宇宙の旅」に登場するHAL9000のように、かつては自然言語で対話することが理想型の一つであった。しかし、現在我々はタッチパネル、マウス、ジェスチャなど、実に多様な方法でコンピュータと接している。ロボットと人との関係も、Human Computer Interaction (HCI) 研究の知見を活かすことで、状況に応じた様々なインタラクション手段を提供可能となるかもしれない。これがJST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト、「ロボット行動デザインのための技術」グループの出発点である。本稿では、当プロジェクトの成果を例示しつつテレロボティクスを含む、ロボット操作インタフェースの将来像を展望する。

筆者らは、これまで実世界とインタラクションする手段としてロボットを活用する Robotic User Interface (RUI) のコンセプトを提示し、研究に取り組んできた。例えば RobotPHONE[1] はバイラテラル制御された二体の小型テレロボットを、遠隔地の人同士がコミュニケーションを行うためのインタフェースとして用いた研究である。

実世界指向のインタフェース研究の代表的なアプローチとして、MITの石井らが提案している Tangible Bits [2] がある。これは情報世界を操作するために物理的なインタフェースを用いる手法だが、これに対して我々のアプローチは、これまで情報世界を操作するために提案されてきた HCI の様々な手法・知見を、実世界を操作するために使うというものである。伝統的なロボットの操作手法として、マスタスレーブ制御、ダイレクトマニピュレーション、ティーチングプレイバック等が行われてきたが、ユーザはロボッ

トに対し、言葉どおりの意味で「手取り足取り」指示をする必要があった。一方現在市販されている家庭用ロボットの多くは、ロボットの行動があらかじめハードコーディングされており、ユーザはそれをメニューの中から選択して実行するしかなく、エンドユーザ自身が簡単にロボットの行動をデザインしたり、カスタマイズしたりするためのハードルは高い。そこで我々はロボットを「自動化」することではなく、手足のように自由自在に操れる「自在化」を実現することで、かゆいところに手が届く「孫の手」のようなインタフェース技術の開発を目指している。

本稿では、テレロボティクス用の操作インタフェースへの新しい視点としての「自在化」を実現するための三つのアプローチを紹介する。以下、1) ロボットの直接操作、2) 操作対象である物体や空間の指示、そして3) 家電のロボット化について事例を紹介する。

2. ロボットを直接操作するアプローチ

ロボットの移動や姿勢に関する制御を直接的に行うタイプの手法として以下のようなものがある。

2.1 TouchMe

TouchMe [3] はタッチスクリーンと拡張現実感 (AR) を用いた遠隔操作インタフェースである (図1)。作業空間に設置されたカメラの映像がタッチスクリーンに映し出され、ユーザは画面に表示されたロボットに直接触れることにより、ロボットの位置や姿勢を直接変更することができる。この手法は三次元CGのモデリングツールで使われている操作様式にヒントを得ており、ARを用いてその作法を実世界におけるロボット操作に応用したものである。

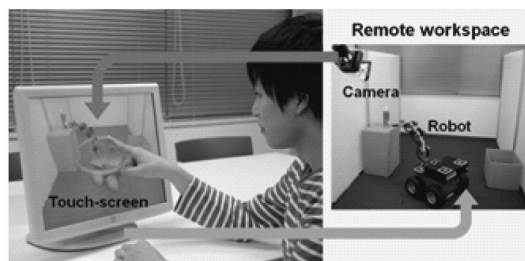


図1 TouchMe

原 2012年5月29日

キーワード: Human-robot Interface, Household Robot, Telerobotics, Human-computer Interaction

*1〒223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1

*2〒112-0002 文京区小石川 1-28-1

*1Kouhoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa

*2Bunkyo-ku, Tokyo

2.2 Walky

Walky [4] は擬人的な指の動作を用いて歩行ロボットの操作を行う手法である。人差し指と中指を伸ばし、その指を交互に動かすと、人間の歩行に類似した動きになる。マルチタッチディスプレイ上でこのような指の運動を行うことにより、それと同期してロボットを操作することができる。

3. 操作対象への指示を行うアプローチ

ロボットの存在を意識せずに、タスクの対象となる物体や空間に対して指示を行うタイプの手法として以下のようなものがある。

3.1 Magic Cards

Magic Cards [5] は紙のカードを用いた指示インタフェースである。ロボットに対する指示が書かれたカードをタスクの対象となる場所や物体のそばに置くことによって指示を行う。カードの種類として、「ここを掃除」「この物体を目的地に移動」などのアクション、「朝に開始」「夕方に開始」などの開始時刻、「最初に」「2番めに」などの順番、そして「このタスクのセットを記憶」「今すぐ実行」などの特殊な動作を示すカードがあり、それらの組み合わせによってタスクを自由にカスタマイズすることができる。

3.2 Foldy

Foldy [6] はユーザの嗜好に合わせた服の畳み方を入力できる GUI (Graphical User Interface) と、それを再現する服畳みロボットのシステムである。GUI には実際の服をカメラでキャプチャして生成された CG モデルが表示され、ユーザはその CG モデルをマウスで操作することによって服畳みの形状と順序を入力することができる。ロボットには衣類の端しか把持できないなどの物理的な制約があるが、GUI にはこのような制約が組み込まれているため、ロボットに実行可能な動きのみを効率よく教示することが可能となる。

3.3 Roboshop

Roboshop [7] は、Photoshop や GIMP に代表される画像編集ツールのインタフェースを家庭用ロボットの家事の作成・管理・編集に応用したものである。掃除したい領域や移動したい物体の指定を、部屋の画像上でのスケッチによって行うことができる。また、作成された家事はレイヤ

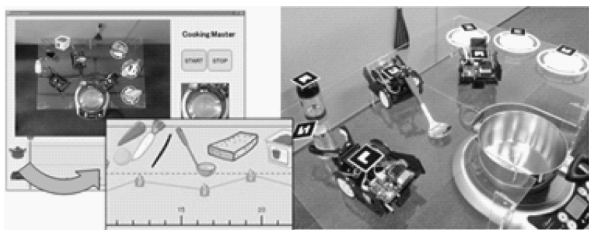


図 2 Cooky

機能によって分かりやすく視覚化される。スケジューラもあり、指定した時間になると、指定した場所において、指定した家事が自動的に家庭用ロボットによって実行される。

3.4 Snappy

Snappy [8] は物体の配置タスクを指示するための道具として写真を用いる手法である。ユーザはカメラを使って対象物を撮影することにより、その物体のレイアウトを登録することができる。後日、その写真をロボットに提示することによって、写真に写っている物体を同じレイアウトでロボットに並べさせることができる。

3.5 Cooky

Cooky [9] は家庭内において人とロボットが空間と道具を共有し、協調して調理をするシステムである (図 2)。ユーザは GUI 上のタイムラインにタスクを並べていくことによって調理手順を入力することができる。このシステムの特徴は、タイムラインによって人とロボットで作業分担を行えるようになってきている点である。例えば、ユーザが食材を切っているのと並行して、ロボットに鍋への食材の投入やかき混ぜ作業を行わせることができる。

4. 家電をロボット化するアプローチ

家電をロボット化するアプローチとして以下のようなものがある。

4.1 CRISTAL

CRISTAL [10] は AR を用いた家電操作インタフェースである。天井に設置されたカメラから取得された部屋の映像がタッチディスプレイ上に表示され、ユーザは画面の中にある照明やスピーカなどの家電に直接接触れることによってそれら进行操作することができる。この手法は、コンピュータの世界で一般的に使われている、画面上のオブジェクトにタッチしてインタラクションするという作法を、実世界の物体に対して適用しようという試みである。

4.2 AirSketcher

AirSketcher [11] は風を自在に操作できるロボット扇風機のシステムである (図 3)。ユーザはパドル状のコントローラを操作して、送風の ON/OFF とパスを教示することができる。扇風機にはカメラが搭載されており、画像認識に



図 3 AirSketcher

よってユーザが操作するパドルをトラッキングし、首振りを行う。これにより、空間中で風を当てたい場所／当てたくない場所を自由に設定することができる。

5. ま と め

本プロジェクトを通し得られた知見として、ロボット側からの内部状態のフィードバックの重要性が挙げられる。例えばロボットが何を認識し、何を認識できていないかをユーザに分かりやすく伝えることで、ユーザはロボットの「意図」を推定することが可能となる。また、エンドユーザを対象とする研究である以上、想定されるユーザに実際に触れてもらい、その行動を観察するとともに、コメントを得ることも重要であった。本プロジェクトでも2011年6月～12月まで日本科学未来館メディアラボにおいて「もんもとすむいえ」と題し、期間展示を行った。お忍びで展示を見ると、来場者がどのような表情で、どのように展示に触れているかが明らかになり、研究の方向性を探る上で大いに参考になる経験であった。テレロボティクスやHCIは、ヒトとモノ双方を対象とする学問であり、人を含めてはじめてシステムが完成する。ERATOのプロジェクトは今年度末で終了する予定であるが、ロボットにおけるインタフェースに関する研究が、一層広がり、テレロボティクス分野にも波及していくことを願ってやまない。

参 考 文 献

- [1] D. Sekiguchi, M. Inami, N. Kawakami, T. Maeda, Y. Yanagida and S. Tachi: "RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication," ACM SIGGRAPH 2000 Conference Abstracts and Applications, p.134, 2000.
- [2] H. Ishii and B. Ullmer: "Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms," Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '97), pp.234-241, 1997.
- [3] S. Hashimoto, A. Ishida, M. Inami and T. Igarashi: "TouchMe: An Augmented Reality Based Remote Robot Manipulation," Proc. of the International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2011), pp.28-30, 2011.
- [4] Y. Sugiura, C.L. Fernando, A.I. Withana, G. Kakehi, D. Sakamoto, M. Sugimoto, M. Inami, T. Igarashi and M. Inakage: "An Operating Method for a Bipedal Walking Robot for Entertainment," ACM SIGGRAPH Asia 2009 Emerging Technologies, p.79, 2009.
- [5] S. Zhao, K. Nakamura, K. Ishii and T. Igarashi: "Magic Cards: A Paper Tag Interface for Implicit Robot Control," Proc. of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09), pp.173-182, 2009.
- [6] 杉浦裕太, 坂本大介, Tabare Gowon, 高橋大樹, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: "Foldy: GUI操作によるロボットへの服の畳み方の教示", 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2010) 論文集, pp.7-12, 2010.
- [7] K. Liu, D. Sakamoto, M. Inami and T. Igarashi: "Roboshop: Multi-layered Sketching Interface for Robot Housework Assignment and Management," Proc. of the ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2011), pp.647-656, 2011.
- [8] 橋本直, Andrei Ostanin, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: "Snappy: 写真を用いたロボットへの物体配置の指示方法", 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2010) 論文集, pp.113-118, 2010.
- [9] 杉浦裕太, 坂本大介, Anusha Indrajith Withana, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: "Cooky: 調理順序指示インタフェースと料理ロボットの開発", 第17回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2009) 論文集, pp.75-80, 2009.
- [10] T. Seifried, C. Rendl, F. Perteneder, M. Haller, S. Scott, D. Sakamoto and M. Inami: "CRISTAL: Design and Implementation of a Remote Control System Based on a Multi-touch Display," ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2009, pp.37-44, 2009.
- [11] 渡邊恵太, 松田聖太, 稲見昌彦, 五十嵐健夫: "AirSketcher: 風をつかいやすくする手法の提案とその実装", 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2010) 論文集, pp.1-6, 2010.



稲見昌彦 (Masahiko Inami)

1999年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。東京大学助手、電気通信大学教授、MIT コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者などを経て2008年4月より慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授。JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクトグループリーダーを併任。人間の感覚・知覚に根ざした自在化技術に興味を持つ。

(日本ロボット学会正会員)



橋本直 (Sunao Hashimoto)

2009年九州工業大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。2009年より独立行政法人科学技術振興機構 ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト研究員。拡張現実感、ロボット・インタフェースに関する研究に従事。IEEE, ACM, 情報処理学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。