

ロボットのためのユーザインタフェース

五十嵐 健夫

1. ユーザインタフェースの必要性

iRobot 社の掃除ロボットに代表されるようにロボットが実際に家庭内に入ってきており、さらに将来的には、ASIMOやHRP2のようなヒューマノイドが家事を手伝ってくれるようになることが期待されている。しかし、どんなに高度な機能を有したロボットができたとしても、ユーザがそのロボットに対して的確な指示を出すことができなければ、ユーザのニーズを完全に満たすことは難しいと考えられる。よくあるナイーブな考え方として、「万能の知能を有したロボットができれば、ユーザがあれこれ指示しなくても何でもやってくれる」といったものがあるが、実際には、完全な人工知能の実現はきわめて困難であり、たとえそれが実現したとしても、明示的に伝えられたユーザの意思を理解する機能は最低限の必要要件であると考えられる。かつて計算機についても、やがて人工知能が登場して人間が指示しなくてもあらゆる情報処理を自動的にやってくれるものと夢想されていたことがあったが、実際に世の中を変えたのは、計算機を使いやすくするために開発された、マウスやメニュー、アイコンなどといったユーザインタフェース技術であった。同様に、ロボット技術が広く一般で利用されるようになるためには、一般のユーザがロボットを自由に操れるようにするためのユーザインタフェース技術が重要となると考えられる。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では、このような問題意識のもとに、さまざまなロボットのためのユーザインタフェース技術の研究を行っている。本稿ではその一端を紹介したい。まずロボットにその場で何をしてほしいかを指示するための技術について紹介し、その後で、ロボットに物事の作業手順を教えるための技術について紹介する。

2. ロボット操作のためのユーザインタフェース

ロボットに指示を出す方法として、一般的によく言われているものは、音声によるものである。しかし、音声を正しく認識し、かつ認識結果の自然言語から適切な行動を生成することは非常に高度な人工知能の問題であり、近い未来に完全なものが実現されるとは考えにくい。また、空間中

の位置など、本質的に音声および自然言語では表現しにくい情報も存在している。そこで我々のプロジェクトでは、音声以外のモダリティによる操作インタフェースの研究をいくつか行っている。

2.1. 実世界へカードを置くことによる指示 [1]

音声による指示では、場所についての指示が難しい。指さしなどのジェスチャーと組みあわせることも考えられるが、音声認識、ジェスチャー認識とともに、認識あやまりや非随意的な動作との区別の問題などが残る。そこで我々は、環境に対して、指示を書いたカードを置くことによってロボットに対して指示を出すインタフェースを提案している(図1)。カードには、ユーザにとって理解しやすい自然言語による説明とともに、システムが容易に認識可能なタグが埋め込まれており、確実にユーザの指示を受け取ることができる。現在の実装では、2次元バーコードの印刷されたカードを、天井のカメラが位置とともに認識するものとなっている。ユーザがカードを配置して家や部屋をでると、いない間にロボットがカードの内容に従って作業を行う。カードをつかうことで、「ここを掃除して」「これをここへ移動して」といった場所の指定を伴う指示を簡単にだすことができる。また、ロボットからのフィードバックについても、メッセージを印刷した紙を現場に残すことで、それぞれの場所に応じた対応が可能となる。

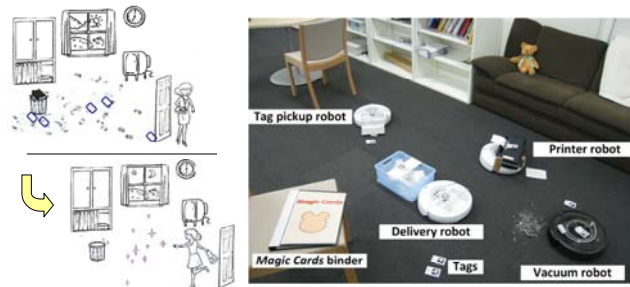


図1：実世界へカードを置くことによる指示。

2.2. 実世界画像上での操作による指示 [2]

実世界上の場所を指定する別の方法として、天井からの俯瞰画像を映した画面の上で指示を出すという方法も考えられる。CRISTAL というシステムでは、部屋の様子を写し

た天井カメラからの画像の上で、対応する機器に触れることでその機器を操作することを可能にしている (図2)。たとえば、画面中のライトスタンドを触ることで明るさを調整したり、画面中で画像をドラッグアンドドロップすることでその画像をテレビやデジタルフォトフレームに映したりといったことが可能である。さらにロボットへの指示も同じように行うことができる。たとえば、画面上に丸を描くことで掃除ロボットに掃除してもらう領域を指定したり、線を描くことでロボットに移動経路を指示したりといったことができるようになっている。



図2：実世界画像上での操作による指示。



図3：レーザジェスチャーによる指示。

2.3. レーザジェスチャーによる指示 [3]

実世界の物体やモノをより直接指示する方法として、レーザポインタを利用した手法についても研究を行っている。レーザポインタを用いることで、指さしなどよりも遠くの物体を正確に指示することが可能となり、また非随意的な動作との認識誤りの心配もなくなる。我々のグループでは特に、レーザポインタによるポインティングに加えてレー

ザの軌跡によるジェスチャーを導入することでさまざまな指示をだせるようにしている (図3)。たとえば、床にあるものを囲んでから目的地まで線をひくことで、その物体の移動を指示することなどが可能となっている。

3. ロボットへの動作教示のためのユーザインタフェース

ロボットへ作業のやり方を教える方法としては、まず従来のプログラミング言語によるものが挙げられる。これらは専門家があらかじめ複雑な動作を組み込むためには有用であるが、エンドユーザが個別のやり方を指示するためには不適切である。ユーザが実際に作業をやってみせて、そこからロボットがやり方を学習する研究もいくつか行われているが、単純な動作の学習にとどまっている。複雑な手順を教えるには、ロボットがどこに注目して何を学習すべきかを指定することが必要であり、例示だけでは難しいと考えられる。ここでは、例示によらない動作教示の方法について紹介する。

3.1. GUIによる服の畳み方の教示 [4]

家事を代行してくれるロボットにしてほしい作業のひとつに、洗濯の終わった服を畳んでダンスにしまう作業がある。ここで、服のたたみかたは人によって好みがあり、望みのたたみ方を教示できることが望ましいと考えられる。しかし、たたみ方を教示するのに、プログラミング言語や自然言語で説明することは困難である。そこで我々は、天井カメラで撮影した服を計算機上でマウスによるドラッグ操作(GUI)で折りたたむ方法を提案している (図4)。手作業で直接実物の服を畳んで見せてそこから学習させることも考えられるが、手で作業するとロボットには実際には不可能な動きをしてしまう問題がある。GUIによる操作では、ロボットに実際に可能な動きのみを効率よく教示することができる。

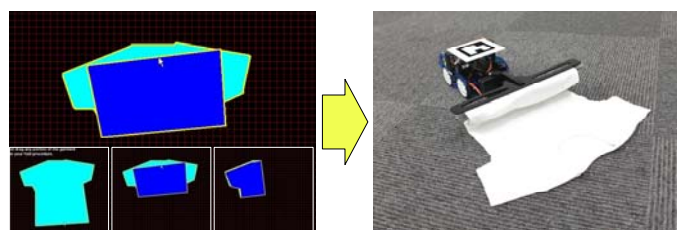


図4：GUIによる服の畳み方の教示

3.2. 写真を撮ることによる配置の教示 [5]

たとえば、ロボットに配膳をしてもらったり、机や本棚の

片付けをしてもらう場合には、どのように並べてほしいのかをあらかじめ教示できることが望ましい。このときに、希望する配置の写真をとっておき、それをシステムに見せることで、ロボットに登録した配置を指示するようなインターフェースを提案している(図5)。写真を撮るときの物体の絶対位置を写真のIDとともにシステム内部に記録しておくことで、写真が見せられたときに登録された配置をロボットによって再現することができる。写真をIDとともに紙に印刷することによって、レンピ本や冷蔵庫に配膳を指定する写真をはさんだり、本棚の横の壁に本の並べ方を指定した写真を貼っておいて、必要なときにそれを取り出してシステムに提示するといった使い方が可能となる。

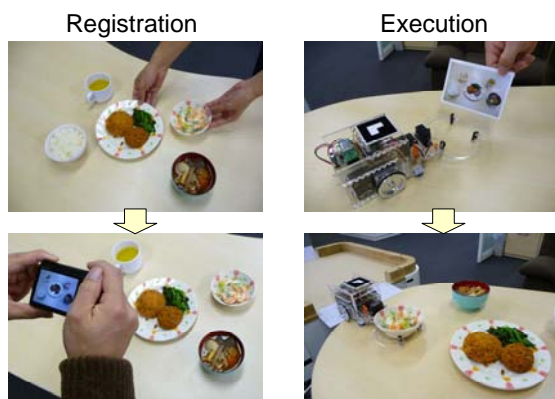


図5：写真を撮ることによる配置の教示。

3.3. 物理的なピンを挿すことによる機能連携の教示 [6]

現在の居住空間には、照明や扇風機、コーヒーメーカーやCDプレイヤーといった出力機器、およびスイッチや人感センサー、タイマーといった入力機器が多数存在している。通常の場合、これらの出力機器と入力機器の対応関係は1対1で固定されているが、これらを柔軟に組み合わせることで、より利便性を向上できると考えられる。たとえば、ある時間になったらコーヒーを入れてBGMをかける、人感センサーに反応したら照明をつけて暖房を入れる、といった自動化が実現できる。我々はこれを実現する方法として、物理的なピンを利用した方法を提案している(図6)。出力機器それぞれに対応したピンがあらかじめ用意されていて、これを望みの出力機器の脇のスロットに挿すことで、対応関係を指定する。GUIを利用して集中的に管理する方法も考えられるが、物理的なピンを利用することで対応を指定したい機器の目の前から離れてパソコンを操作することな

く、その場で作業を完結できるメリットがある。

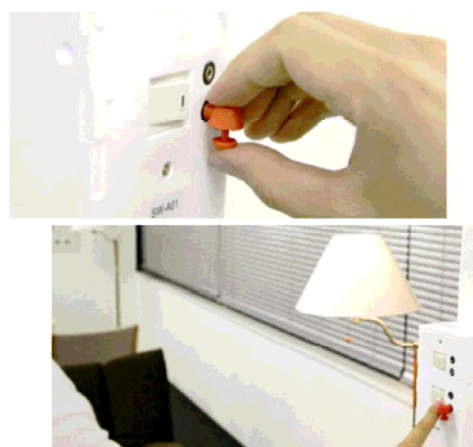


図6：物理的なピンを挿すことによる機能連携の教示

参考文献

- [1] S. Zhao, K. Nakamura, K. Ishii, T. Igarashi, "Magic Cards : A Paper Tag Interface for Implicit Robot Control", ACM CHI 2009.
- [2] T. Seifried, C. Rendl, F. Perteneder, J. Leitner, M. Haller, D. Sakamoto, J. Kato, M. Inami, S. Scott, CRISTAL: Control of Remotely Interfaced Systems Using Touch-Based Actions in Living Spaces, ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies.
- [3] K. Ishii, S. Zhao, M. Inami, T. Igarashi and M. Imai, Designing Laser Gesture Interface for Robot Control, INTERACT2009.
- [4] Y. Sugiura, T. Igarashi, H. Takahashi, T. A. Gowon, C. L. Fernando, M. Sugimoto, M. Inami, Graphical Instruction for A Garment Folding Robot, SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies.
- [5] Sunao Hashimoto, Andrei Ostanin, Masahiko Inami, and Takeo Igarashi: "Photograph-Based Interaction for Teaching Object Delivery Tasks to Robots," ACM/IEEE HRI2010, Late Breaking Report, 2010.
- [6] 福地 健太郎, 杉本 麻樹, Fernando Charith, Zhao Shengdong, 稲見 昌彦, and 五十嵐 健夫: "Push-pin: ピン型タグを用いたホームオートメーションのためのプログラミングシステム," 情報処理学会インタラクシオン 2010, 2010.