

1. 担当PM

安村 通晃(慶應義塾大学 環境情報学部 教授)

2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 杉浦 裕太(慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科)
コクリエイター: なし

3. プロジェクト管理組織

株式会社 創夢

4. 委託金支払額

3,000,000 円

5. テーマ名

インタラクティブ UI を用いた家庭用ロボット操作方法の開発

6. 関連Webサイト

<http://sugiur.com/index.html>

7. テーマ概要

近年、メカトロ技術の発展によりロボットの性能が飛躍的に向上し、実際に使用されるようになってきている。これらは産業分野で使用されているものや、人間と同様な形状をもちコミュニケーションを目的とされたロボットなどさまざまなものがある。しかし、残念ながらこれらのロボットの多くは実際の家庭生活において役に立つものではない。

本提案では、日常に普及している電化製品のように、現実の生活において有用であり、誰もが直感的に扱うことのできるロボットシステムの開発を行う。

これまでのロボットは、自律化が期待されているため、様々な環境に対応できるように複雑なアルゴリズムの形成や精度の良い認識技術を必要とした。しかし、技術がすすんだ現在でも日常において役に立つロボットはそう多くない。現在普及している家電に注目してみると、これらはすべて自律的に行動しているわけではない。例えば炊飯器は、米を研ぐ、蓋をあける、スイッチを入れる、などの作業はユーザが行っている。その結果、炊飯器は複雑な機構やアルゴリズムを持つ必要がないのである。しかし、これらが普及した背景を考えてみたときに、結果として家事の時間を短縮できるということが大きな理由であると考えられる。

ロボットも同様に、人のサポートをうけることでこれまで困難とされていた家事を遂行でき、結果として家事の時間が短縮できるのならば、多いに家庭に受け入れられる可能性がある。しかし、これまでのロボット開発において、人とロボットがお互い助け合えるためのインタフェースについて注目されることは少なかった。

実際の家庭で使用されるロボットにおいては、ユーザにとって親しみやすく、操作が簡単なインタフェースである必要がある。また、ユーザからの「部屋のあの部分を掃除してほしい」「棚の上の物を取ってきてほしい」などの大まかな指示もロボットがくみ取り実行する必要がある。これまでのロボットを操作するインタフェースでは、音声、自然言語のような抽象的指示かジョイスティックなどの直接的指示手法が採用されていたが、これらのインタフェースでは精度不足であり、操作も複雑な手続きが必要であるため一般家庭向きではない。また、ユーザの興味としては、ロボットをどのように動かすかというよりも、対象物をどのように操作するかという部分が本質的である。

今回は例として“洗濯物たたみ”と“料理”という家事に注目し、それらを実行するロボットを製作し、そのための動作指示インタフェースを開発する。インタフェースは、ユーザが操作したい対象の本質的な部分をモデル化されたものが付与されている。ユーザはその本質的な部分の操作をドラッグアンドドロップなどの直感的な作業でグラフィカルに編集することができる。ロボットはユーザの作業結果から、物理的な操作内容をくみ取り仕事を遂行する。

この技術により、今まで代行が困難とされてきた家事の労力を、ロボットの助けを借りることで軽減できるのならば、今まで信じられていた世界を大きく変え、家電同様、ロボットが家庭においてなくてはならない必需品となる可能性がある。

8. 採択理由

産業用ロボットやヒューマノイドロボットの研究開発は盛んであるが、これから人々の生活にもっとも影響を与えると思われるのは家庭用のロボットであろう。中でも家事

をこなすロボットは期待が高い。掃除用ロボットとか高級な皿洗い機も出始めてはいるが、複雑な家事労働を人間に代わって行なわせるにはまだまだやるべきことが多い。

今回の杉浦君のプロジェクトは、この家事ロボットの中でも、洗濯物を整理するところに着眼している点が素晴らしい。洗濯物をたたむ専用のロボットを試作し、実際に洗濯物をたたませることが可能になるというすぐれものである。

基本部分はずでにある程度動いているということで、未踏期間中にやるべきことを整理する必要がある。オーデイション時には、洗濯物をたたむ際の前後の行動、すなわち、洗濯物の山から取り出して分類する、洗濯物を広げる、どういうたたみ方をするか洗濯物毎に判断する、たたんだ物を積み重ねる、などの課題を挙げていたが、他にも、現在可能な T シャツなど以外にどこまでの種類の物がたためるようにするのか、などもあり、実際にどこまで今回やるのかについては慎重に決めていく必要がある。

楽しい研究なので、短い未踏期間にどこまでやるかを明確にして、開発を進めて欲しい。

9. 開発目標

システムおよびハードウェアを実現するため、下記の項の通り開発を行なう。

1. インタラクティブ UI を用いた洗濯物たたみロボットの行動指示

現在(採択当時)あるロボットをブラッシュアップして下記を実現する。

- 無線化
- 把握を判断するセンサ取り付け
- 複数ロボットの協調作業

2. インタラクティブ UI を用いた料理をするロボットの行動指示

- インタフェースの開発
- ロボットの開発

また、上記の 2 種類のロボットについて、ユーザによる実証実験を行なう。

10. 進捗概要

未踏プロジェクト開始段階で、洗濯物たたみロボットの原型はずでに動作していた。しかし、物体判定アルゴリズムなどが暫定的なものだったために、動作速度が非常に遅く、実際のデモとしても不十分なほどの速度であった。また、洗濯物も T シャツのみしかたためず、その指示も毎行なう必要があった。さらに制作したロボットも、個別

の機能のものをそれぞれ手作りするような状態であった。料理ロボットの方も、構想だけでまだ影も形も無い状態であった。

未踏プロジェクトの実施により、洗濯物たたみロボットの動作速度は急激に高速化した。対象とする洗濯物の種類も増加した。さらに、洗濯物のたたみ方を記憶しておき、どのパターンの洗濯物かを識別することにより、たたみ方を再生することも可能となった。ロボットはプラットフォーム化し、アタッチメントを交換するだけで、複数の異なる機能に対応できるようになった。料理ロボットの方も、プロトタイプが最終的に出来上がっていった。

開発の中間段階では、ブースト会議の後、PM がクリエイータの元に訪問する形でプロジェクトレビューを 1 回行なった。成果報告会の直前1ヶ月ほど前には、クリエイータ全員を対象に中間報告会を行なった。また、杉浦君の場合、SIG-GRAPH という国際会議において、洗濯物たたみロボットのデモ発表を行ない、非常に好評であったと報告を受けている。

11. 成果

今回のプロジェクトでは、家庭用ロボットの開発と言うことで、複数の異なる機能のロボットを開発する都合上、(1) ロボットプラットフォーム(“Noopy”と呼ぶ)を開発し、これをベースに、(2) 洗濯物たたみロボット(衣服たたみロボットともいう)と、(3) 料理用ロボットを試作した。

ロボットプラットフォーム Noopy は、今回まったく新たに開発したものであり、センサ用の A/D ポート 4 個、サーボ制御用の I/O ポート 4 個、車輪制御用の直流モータコントローラ 4 個とパソコンとの通信用の Bluetooth を備えたものである。図 1 にその外観と基盤を示す。

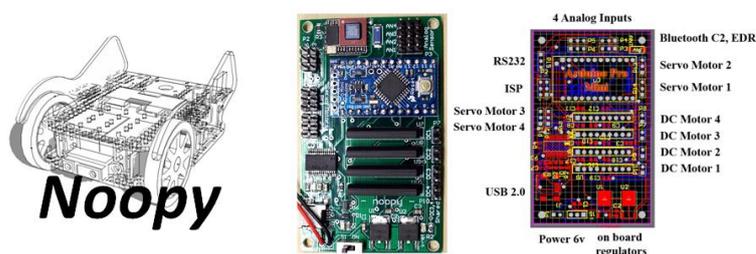


図 1 ロボットフレーム Noopy の外観とその基盤

ロボットフレームには、拡張部品として異なるアームを取り付けることにより、異なるロボットにすることができる。具体的には、洗濯物たたみロボットの他に、料理用とし

て、コップ運び、食材運び、調味料入れ、鍋かき混ぜ用の4種類のロボットの他、習字用の合計6種類のロボットが実現できた。

Noopy のソフトは、Arduino がベースとなっており、Arduino の IDE に Noopy 用のライブラリを挿入して、1 行程度のコードを書くだけで、ロボット制御のプログラムができあがる仕組みとなっている。

洗濯物(衣服)たたみロボットは、ユーザは画面上に表示された衣服を GUI 的にドラッグ & ドロップでつまんで、たたみ方を指示する方式をとっている。システムは、上部に置かれたカメラにより、衣服の形状や位置を読み取り、ロボットに動作を指示する仕組みとなっている。図 2 に洗濯物たたみロボットの外観を示す。

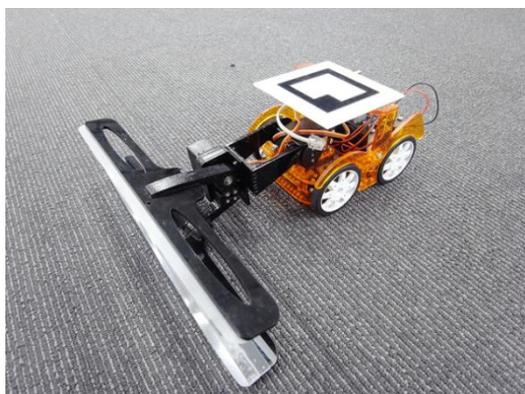


図 2 洗濯物たたみロボット

図 3 折りたたみ指示可能な衣服の例

対象とする衣服(洗濯物)は現状では、図 3 に示す 7 種類のものに対して、折りたたみが指示可能である。いずれも、一度指示した折りたたみ方が記憶でき、衣服の形状からそのたたみ方を記憶から引き出すことが可能となっている。

もう一つの料理ロボットの方は、図 4 に示すような外見をしている。ユーザは、レシピを見て、ロボットに対する指示を、図 5 のような画面インタフェースで、いつ、どういう食材を入れて、かき回したりするのかということを示す。



図 4 料理ロボット群の外見

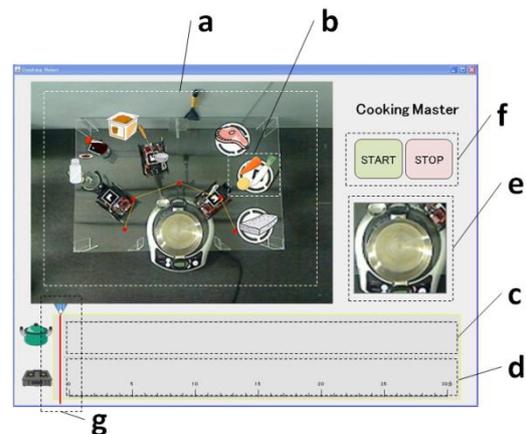


図 5 料理ロボットの指示 GUI

料理用のロボットは、食材を運んでいれるロボット、調味料を運んでいれるロボット、かき混ぜるロボット、および、暖めたり焼いたりする熱器具からなるロボットの 4 種類に分かれる。調理指示用 GUI は、a が全体画面、b がタグで認識された食材、c が調理動作を指示するタイムライン、d が火力調節、e が鍋の拡大画像、f が開始／終了ボタン、g がタイムバー、となっている。この料理用ロボットで、実際に、豚汁を作ることができた。

なお、今回の杉浦君の開発したロボットプラットフォーム Noopy は、2008 年度下期末踏本体の加藤淳君の matereal(小型ロボットの簡単なデザイン行動ツール)との連動が可能であることも、検証している。さらに、Twitter と Noopy を連動させて、ユーザのつぶやきでロボットを制御することも可能としている。

開発したプロトタイプを用いて、実際に「豚汁」を仕上げるまでのプロセスを図 6 に示す。

(a) ユーザは肉、大根、人参、ごぼう、じゃがいも、蒟蒻、味噌、塩を準備し、タグをつけた皿の上に配置した。また、事前に鍋に約 500ml の水を投入した。大根、人参、ごぼう、じゃがいもについては、同時に鍋に投下することから、一つの皿の上に配置しておく。味噌は湯に溶いて、調味料投下ロボットがつかめるようにカップに入れておく。(b)次に、GUI を起動し、食材に付加されたイメージをドラッグ&ドロップでタイムラインに順番に配置し、火力も同様にタイムライン上にプロットした。指示後、システムをスタートさせて、ロボットがタイムライン通りに動作することを確認した。すなわち、(c)で肉を投入し、(d)で野菜を投入。(e)で鍋をかき混ぜ、(f)で味噌入りの汁を投入。(g)で塩を加える。(h)最後に豚汁が完成。

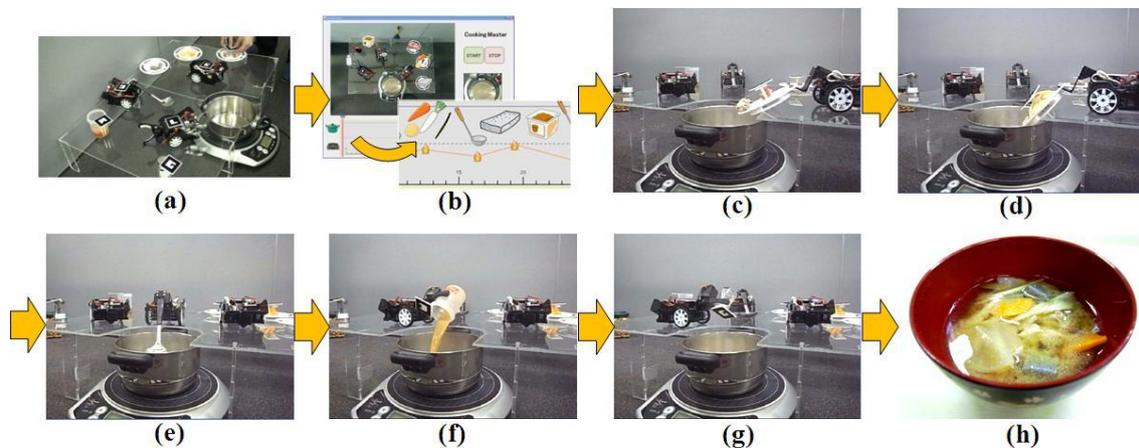


図 6 料理ロボットデモの詳細

12. プロジェクト評価

ロボットの研究開発は盛んではあるが、産業用を除くと、ペットロボットや、警備ロボット、介護ロボットなどが主流であり、一般家庭で使うロボットで実用的なロボットは、一部の掃除用ロボットなどを除き、あまり無かった。特に、人とロボットが協同しながら、ある目的を果たすという考え方は、非常に示唆に富む。さらに、GUI でロボットに指示を与えると言うのも、従来のコントローラや音声とはまた違う、新たな指示方法である。さらに、さまざまな機能が要求されるであろう家庭用ロボットに対して、プラットフォームとしてのロボットを作ったアプローチも非常に有効である。このように、家庭用ロボットの家庭用ロボットで、ここまで具体的に形と仕上げた例はあまりなく、その意味で杉浦君の今回のプロジェクトは、家庭用ロボットの新しい一歩を踏み出したと言え、まさに未踏の領域の一歩を踏み出したものとして高く評価できる。

13. 今後の課題

洗濯物たたみも料理用も、そのすべてをロボットが行なうわけではない。洗濯物たたみで言えば、洗濯物を 1 枚ずつ別々にして広げる作業や、たたみ終わったものを、積み重ねるなどの作業は、人手に頼ることになる。また、料理で言えば、食材を冷蔵庫から取り出して洗って切るとか、調味料を適切な分量取り分けるなどは、人間の仕事として残る。しかし、こういったことよりも、ロボットとして適切な仕事を見つけ出し、人間とロボットとの分業の仕方を見極める方がより本質的な今後の課題と言える。