

多機能生活支援ホームロボットを実現するための ミニマリスティックモジュラーシステムコンセプトの提案

Proposal of a Minimalistic Modular System Concept for a Multitask Home Robot

宮澤 友規 (武蔵工大) 上野 修平 (武蔵工大)

久米 修平 (武蔵工大) 正 金宮 好和 (D. N. Nenchev) (武蔵工大)

Miyazawa Tomonori, Musashi Institute of Technology, 1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya, Tokyo

Shuhei Ueno, Musashi Institute of Technology

Shuhei Kume, Musashi Institute of Technology

Yoshikazu Kanamiya (D. N. Nenchev), Musashi Institute of Technology

Abstract: Recently, the practical use of a home robot that can accomplish various tasks in a house is expected. Most of the home robots that have been put to practical use so far perform just a simple task, or are used just as communication tools. We propose a minimalistic multitask home robot that should be of modular structure (the so called “3M concept”) and that should use environment embedded information in an optimal way.

Key Words: Home robot, Minimalistic modular design, Lightweight manipulator.

1 序論

近年の少子高齢化や女性の社会進出などの社会背景より、一般家庭において様々な作業を行えるホームロボットの実用化が期待されている。実際に iRobot 社製掃除ロボット “Roomba” [1] は世界的に 200 万台の販売実績を持つなど、一般におけるホームロボットへの関心の高さがわかる。しかし、実用化されているホームロボットのほとんどは一つの作業を行うか人とのコミュニケーションを目的としたものが主であり、ロボットが行える作業は簡単なものに限られている。現在、一般家庭において生活支援を目的としたホームロボットは企業・学術研究機関で研究開発がされている [2] ~ [5]。

本稿ではホームロボット分野における現状と多機能生活支援ホームロボット (以下、多機能ホームロボット) の必要性を提示する。そして多機能ホームロボットを実現するためのコンセプトの提案とそれに基づくホームロボットの構成と作業例を示す。

2 研究背景

2.1 ホームロボットの現状

ホームロボットは運用目的の違いにより、コミュニケーションホームロボットと生活支援ホームロボットの二つに大別できる。

2.1.1 コミュニケーションホームロボット

コミュニケーションホームロボットは、人とのコミュニケーションを重点機能としたホームロボットである [6] ~ [8]。このようなロボットは人に話し掛ける、表情を変える、身振り・手振りを交えるなどの機能を備えおり、中にはネットワークを標準装備し、侵入者や室内の異変を感知する機能と持ち主にメールで連絡する機能から成る留守番

機能を備えている。

2.1.2 生活支援ホームロボット

生活支援ホームロボットは、家事などの作業を行う実用性に重点を置いたホームロボットである。

現在、市場に出ている生活支援ホームロボットのほとんどは掃除や芝刈りといった簡単な作業を行える単機能ホームロボットである。

2.2 多機能生活支援ホームロボットの必要性

家事を行う生活支援ホームロボットの作業として、食事の準備・後片付け、洗濯や掃除など複数の作業が挙げられる。しかし、普及している生活支援ホームロボットが行える作業は単機能ホームロボットであるため簡単なものに限られている。また、仮に個々の専門作業用の単機能ロボットがあったとし、それらを複数導入する事は導入コストや保管場所の問題があり困難である [9]。

以上より一般家庭に生活支援ロボットを導入するには多機能化させる必要がある。しかし、多機能ホームロボットは、企業や研究機関で研究開発が進んではいるものの、実用化までには到っていない。

3 3M concept

本研究は多機能ホームロボットの実現を目指す。しかし単純にホームロボットを多機能化する事はユーザーのニーズに見合う機能を必ずしも提供できるわけでは無い。そこで我々は多機能ホームロボットの実現に向けて『3M concept』を提案する。(Fig. 1)

『3M concept』は、Multitask, Modularization, Minimalization の三つのコンセプトにより成立する。この三つを組み合わせたコンセプトをホームロボットに適用する事により、利便性や導入性などの面を向上させることが可能である。以下にこれらのコンセプトについて説明する。

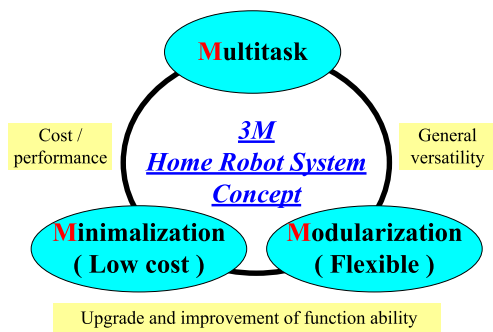


Fig.1: 3M concept for home robot system

3.1 Multitask（多機能化）

一般家庭に導入するため、ホームロボットを多機能化させる必要がある。人間が家事などの作業を行う際に必ず関わるのは腕を利用した動作である事より、ホームロボットは多機能化を実現するために作業を行う事の出来るマニピュレータが必要となる。

3.2 Modularization（モジュール化）

Fig. 2 にモジュラーコンセプトの概念を示す。

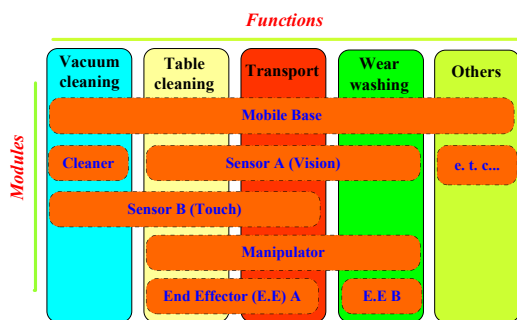


Fig.2: Sample matrix of modules and functions

ロボットを多機能化した場合において家庭毎に必要とする家事の内容が異なり、一定の規格に従ったホームロボットでは機能に使用頻度の低いものが生じてしまう。そのためホームロボットにはユーザーのニーズに合わせた機能を提供できる柔軟性が必要となる。そこでロボットのハードウェア及びソフトウェアをそれぞれモジュール化させる。これにより、ユーザーのニーズに合わせ機能を選択し、ホームロボットのモジュール構成を設定する事ができる。

モジュール化は導入後の機能の拡張や改善・更新を容易に行う事が出来る利点を含む。

3.3 Minimalization（最小化）

3.3.1 機能の最小化

ユーザーは導入時に必要な家事機能の選択を行い、選択した家事に併せた必要なモジュールを購入する。その後、ホームロボットを使用する際、ユーザーは保有するモジュールで行える作業からインターフェイスを経由して作業を選択し、ホームロボットはその家事に必要なモジュールを選択し装着する事で作業を行う。以上より、ホームロボット導入時にユーザーが必要とする機能を最小限の構成で提供することができ、価格性能や使用頻度の低い機能の問題を解決することができる。

3.3.2 環境情報に基づく最小化

ホームロボットが自己位置などを測定する必要するため、人間などの動的な不確かな情報を用いずに、屋内に組み込まれた静的な情報（例えば家具、電化製品や壁などの位置情報）を利用する。

事前に移動経路を設定する事により、経路生成などの制御システムや複雑なセンサを組み込む必要はなくなる。その上で静的な環境情報を利用する事により、直接測定にて正確な位置検出ができる。そして得られた正確な位置情報より、間接測定の校正と誤差の補正を行う事ができる。さらに人間が同環境にいる場合は一連の流れの中に障害物回避を組み事で解決できる。

4 3M コンセプトに基づくホームロボット

今後、我々はこのコンセプトの有効性を検証するため、これに基づくホームロボットを作成し検証を行う。今回はホームロボットの使用環境、作業を行うのに必要なモジュール構成と作業工程について提示する。

4.1 ホームロボットの使用環境

ホームロボットの使用環境として Fig. 3 に示すような家庭空間を想定する。

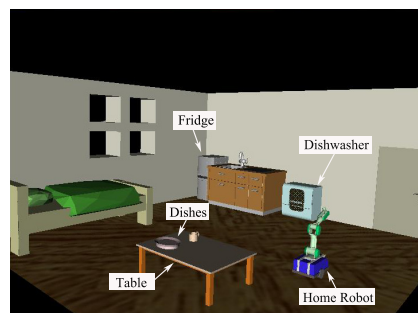


Fig.3: Environment of a home robot

本環境においてはホームロボットの作業環境に人間などの環境変化の要因が存在しないものとする。一般的に人は仕事などにより長時間外出するなどの家を空ける時間が存在する。ユーザーは外出前に自宅のPCを通してロボットに行わせる作業の選択する。ユーザーが外出後、帰宅までの間にロボットは選択された家事を行うこととする。

4.2 ホームロボットのモジュール構成

『3M コンセプト』において様々な作業を行える多機能を実現するために必要な最小限の構成の例として移動ベース、マニピュレータ、エンドエフェクタモジュール、センサモジュールが挙げる。それらについて以下に述べる。

4.2.1 移動ベース

一般家庭における家事はその作業毎に行う作業位置が異なるため、ホームロボットには必然的に自律移動能力が求められる。そのため移動ベースは必要となるモジュールであり、中核といえる。

移動ベースには構造が簡易で技術的にも確立している車輪型ロボットを利用する。

4.2.2 マニピュレータ

人間が家事などの作業を行う際に必ず関わるのは腕を利用した動作である。人間の生活環境で様々な作業を行え

る多機能ホームロボットを実現させるためには、マニピュレータが必要不可欠である。しかし現在あるマニピュレータの多くは産業用を目的としたものである。これらは重量があるため取り扱いが難しく、一般家庭で使用することを前提としていないため適切ではない。そのため、本コンセプトを実現するためには軽重量のライトウェイトマニピュレータ (Lightweight Manipulator) を必要とする。

ライトウェイトマニピュレータはその特性より安全性が向上し、かつマニピュレータの取り外しや持ち運びなどの取り扱いが容易になる。しかし、軽重量により振動などの問題が生じる。これらを解決するため、ライトウェイトマニピュレータには特別な制御が必要となる [10]。

4.2.3 エンドエフェクタモジュール

ホームロボットはマニピュレータを用いて作業する際、対象を操作するために人間の手にあたるエンドエフェクタを必要とする。このモジュールは作業毎に作業に対応したものに置き換える。これによりホームロボットの作業幅が広がる。

4.2.4 センサーモジュール (カメラ、距離センサーなど)

マニピュレータを用いた作業を行う際、物の形状などが不明瞭のままではアプローチが難しい。このため対象物の認識する手段が必要となり、ホームロボットにはカメラを含めたセンサを必要とする。

4.3 ホームロボットの作業

ホームロボットが行う作業として、食事の準備・後片付け、洗濯や掃除など複数の作業が挙げられる。今回はその中の食器片付け作業を例に挙げ、ホームロボットが作業する流れを説明する [11]。

4.3.1 作業例：食器片付け作業

ホームロボットによる食事の片付け作業として以下の流れを想定している。

1. 作業設定 : ユーザーが食事を終えて、仕事などに出かける前にインターフェイスを通してホームロボットへテーブルの上にある食器の片付け作業を選択する。
2. 動作開始 : ユーザーが外出後、待機位置 (以下、ホームベース) にてホームロボットは選択された食器片付け作業に対応したモジュールを装着する。
3. 準備 : 食器を片付けるために食器洗い機まで移動し、蓋を開ける。開けた後、ホームロボットは食器のあるテーブルまで移動する。全ての作業を通して、ホームロボットは予め設定された移動経路を移動する。
4. 対象の認識と確保 : 食器のあるテーブルに到着後、搭載したカメラよりテーブルにある食器を認識する。ここで食器等の形状などは導入の際、ユーザーがホームロボットにその形状を学習させる。食器を認識後、マニピュレータによるアプローチを行い、食器の一つをエンドエフェクタで確保し、持ち上げる。その後、移動ベース上に積載する。
5. 食器洗い機への搬送 : 食器を積載後、食器洗い機まで移動する。食器洗い機に到着後、食器洗い機の食器の配置位置に食器を置く。ここで食器洗い機における食器配置位置の情報は製造メーカーよりその情報を得た

上、ホームロボットに静的な情報として登録する。

6. 終了時 : 食器を全て片付け終えた後、食器洗い機まで移動し蓋を閉める。次に起動スイッチを入れた後、ホームロボットはホームベースに帰還する。

5 今後の展望

本稿ではホームロボットの現状と、多機能ホームロボット実現のためのコンセプトを提案とこのコンセプトに基づくホームロボットシステムを提示した。今後、このコンセプトに従ったホームロボットシステムの実現のためにシミュレーション作成と実機の製作を行い、ホームロボットシステムの構築及び動作検証をシミュレーションと実機の両面より行っていく。

文 献

- [1] “自動掃除機 Roomba,” <http://www.irobot-jp.com/>
- [2] 相沢伸, 小菅一弘, “生活支援ロボットシステム-MARY-,” 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演回, 3D25, Oct. 2002.
- [3] 山戸 幸一, 村松 俊継, 青柳 誠司, 高野 政晴, “RECS コンセプトによる福祉ロボットの開発 - 洗濯後の衣類畳み作業 -,” 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'04, 2P1-L2-6, Jun. 2004.
- [4] M. Kim, K. C. Kang, “Formal Verification of Robot Movements a Case Study on Home Service Robot SHR100,” IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4739-4744, Apr. 2005
- [5] 竹内栄二郎, 坪内孝司, 油田信一, “機構の取替えにより作業の変更ができる移動ロボットシステム,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'05, 2P1-N-054, Jun. 2005.
- [6] “wakamaru.net,” <http://www.mhi.co.jp/kobe/wakamaru/>
- [7] “NEC Personal Robot Research Center,” <http://www.incx.nec.co.jp/robot/>
- [8] T. Yoshimi et. al, “Development of a Concept Model of a Robotic Information Home Appliance, ApriAlpha,” IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 205-211, Sep. 2004
- [9] 小坂 雅博, “サービスロボットは単能型から万能型へ人間との係わり合いとロボットの姿,” 日本ロボット学会第 21 回学術講演会, 3H12, Sep. 2003.
- [10] “DLR Institut für Robotik und Mechatronik -Light Weight Robots-,” <http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-417/>
- [11] 山高大乗, 中井博之, 空閑融, 多田野宏之, 古川正信, 大塚英史, “生活支援に向けた多指ハンドロボットの開発,” 第 23 回日本ロボット学会学術講演会, 1I17, Sep. 2005.