

# 3M Concept に基づいたホームロボットのための GUI の開発

## Development of a GUI for a Home Robot Based on the 3M Concept

諸橋 充 (武蔵工大) 宮澤 友規 (武蔵工大) 正 佐藤 大祐 (武蔵工大)  
正 金宮 好和 (武蔵工大)

Mitsuru Morohashi, Musashi Institute of Technology

Tomonori Miyazawa, Musashi Institute of Technology

Daisuke Sato, Musashi Institute of Technology, dsato@sc.musashi-tech.ac.jp

Yoshikazu Kanamiya, Musashi Institute of Technology

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 are developing a multifunctional home robot based on the 3M concept (Multitask, Modularization, Minimalization), targeting mainly single company employee type households. A GUI is required to facilitate input of a priori information, e. g. furniture location and desired paths by the user. We propose a GUI which is interactive, intuitive and easy to operate.

**Key Words:** GUI, Home robot, 3M concept, Mobile base.

### 1 緒言

現在,日本では少子高齢化の進行,共働きの家庭の増加,単身世帯の増加などにより,家事代行の要望が高まっている[1].これらの問題に対して生活支援ホームロボットの活躍が期待され,企業や大学などで研究が行われている.

現状の市場におけるホームロボットの大半は掃除や芝刈りといった作業を行う単機能型である.そして,これらのロボットを用いて複数の作業を行う場合,保管場所やメンテナンス代を考慮すると,経済的ではない.そこで,我々は一台で複数の作業を行える多機能生活支援ホームロボットを実現するための3M conceptを提案し,開発を行っている[2].そして,ホームロボットを一般家庭で使う場合,ユーザが必ずしも工学的専門知識を持っているとは限らない.そこで,誰にでも容易にホームロボットを扱うことのできるインタフェースが必須となる.

そこで,本研究では3M conceptの最小化に基づき,ユーザの操作の最小化を実現するためのGUIの開発を行う.

本稿ではGUI開発の第一段階として,3M conceptに基づいたホームロボットのモジュールの一つである移動ベースとGUI間のシステム構築と開発について述べる.

### 2 3M concept

一台で複数の作業を行える多機能生活支援ホームロボットを開発する際,単純にホームロボットを多機能化することで,ユーザのニーズに見合う機能を必ずしも提供できるわけではない.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を提案している(Fig. 1)[2].3M conceptは,Multitask,Modularization,Minimalizationにより成立する.このコンセプトに基づくことで,利便性や導入性を向上させることが可能である.

Fig. 2の日本の単身世帯の推移から,単身世帯が増加していることが分かる[3].単身世帯の場合,外出時間が長

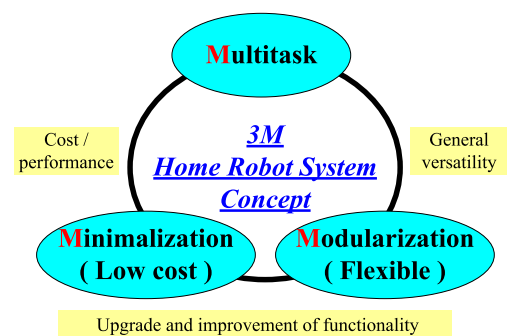


Fig.1: 3M concept for a home robot system.

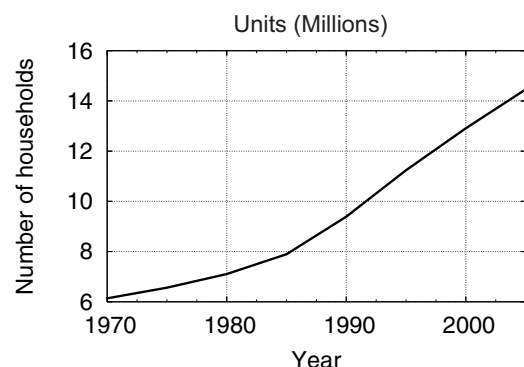


Fig.2: Single-member households change [3].

く,家事に費やす時間が限られる.そこで,我々は単身世帯をホームロボットのターゲットユーザとする.

一般家庭の住居を考えた場合,階段などがある多層構造の一軒家と身体障害者,高齢者や子供への利用を配慮して,部屋と部屋の間の仕切の段差を無くした1フロアのマンションに大別できる.これらの住居でのホームロボットの移動を考えた場合,多層構造の一軒家では階段があり,段差を乗り越える必要があるため,二足歩行移動機構が適している.一方,1フロアのマンションでは段差を乗り越え

る必要がない．このような環境ならば姿勢安定性が高く，簡潔なシステムである車輪移動機構が適している．

また，これらの環境下では動的環境と静的環境が考えられる．動的環境の場合，ホームロボットには障害物回避などの自動経路生成の機能が必要であり，多くの研究が行われている [4]．静的環境の場合，動的環境で用いられるほど複雑な自動経路生成の機能は必要なくホームロボットはユーザの支援により動作が可能である [5]．

### 3 3M concept に基づいたシステムの概要

#### 3.1 機能および機構

多機能生活支援ホームロボットを実現するためには，家事作業を行うためのマニピュレータ機構と作業位置に移動するための移動機構を必要とする．ヒューマノイドロボットは人間と同じ要素を揃えているが，複雑なシステムであること，Fig. 3 に示すように価格が高価なこと，また姿勢安定性が完全ではないことより現状では現実的ではない．

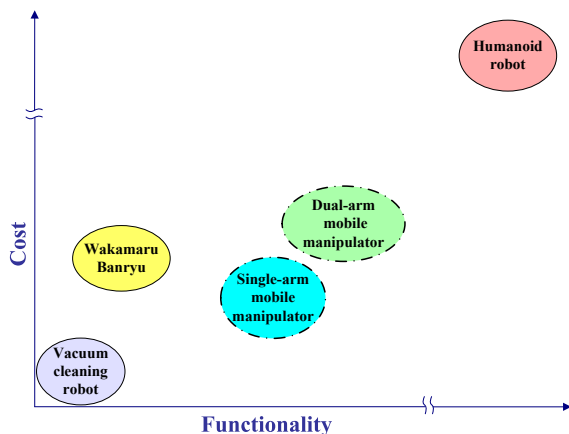


Fig.3: Functionality/cost relation of home robots.

3M concept の観点より，ホームロボットは多機能化が可能であり，単純なシステムである必要がある．そこで，移動マニピュレータ型のロボットに着目する．移動マニピュレータはマニピュレータと移動機構のみで構成されているため機構的に簡素であり，マニピュレータにより様々な作業が行え，価格性能においても優れている．以上より，マニピュレータ機構と移動機構のみによって構成される移動マニピュレータ型のホームロボットを基礎としてのホームロボットシステムを構成する．また，移動マニピュレータの研究としては筑波大学 [6]，東北大学 MARY [7] など挙げられる．

#### 3.2 操作システム

ホームロボットに作業を行わせる場合や作業方法の教示の場合，ホームロボットへ指示を送るためのマンマシンインタフェースが必要となる．しかし，指示のための専門機器を用意することはユーザへの負担が多く望ましくない．そこで，ユーザ所有の PC を用い，ホームロボットへの作業指示および教示を行うためのアプリケーションを構築する．また，ユーザ所有の PC を用いることで専用の指示装置を開発する必要がない．さらに，アプリケーションとしてソフトウェアを用意することにより，機能向上および改

善がネットワーク経由で容易に行える利点がある．このアプリケーション構築の際の要件として，まず工学的な専門知識を持っていないユーザでもホームロボットに指示が与えられるように直感的に操作可能なシステムであること，ユーザ所有の PC において OS 環境を選ばないことなどの要件を満たす必要がある．なお，ユーザは PC を扱えることを前提とする．

### 4 3M コンセプトに基づくホームロボット

#### 4.1 実現例

前項までの要件を踏まえ，本研究におけるホームロボットの要求仕様を以下のように設定した．

- Fig. 4 に示すような生活する上で必要最低限の家具，家電が揃った 1 フロアの屋内空間
- 人間の生活環境で安全に動作すること
- 複数の作業を行えること
- 搭載する機能ごとにモジュール化すること
- 上記の内容は，使用者ごとに変更が可能であること
- 家具などの情報はメーカ側で用意されていること
- 上記に洩れた情報は追加が可能であること
- 専門知識がなくとも扱える最低限の環境を作ること
- ロボットの作業中は人間の立ち入りはないこと

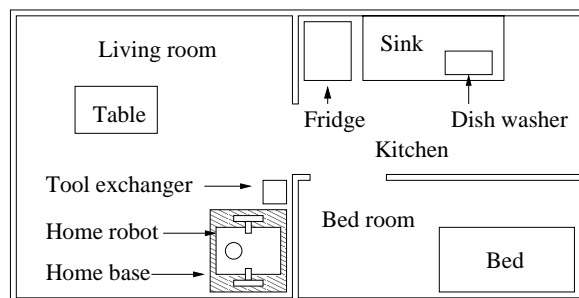


Fig.4: Operating environment of apartment type 1.

#### 4.2 3M concept により求められるロボットの機能

本研究が提案した 3M concept と前項の実現例に従ったホームロボットシステムの一例を挙げる．ホームロボットのイメージ構成図を Fig. 5 に示す．基本システム構成としては二輪駆動機構の移動ベース，7 自由度のマニピュレータ [8]，用途に応じて交換可能なエンドエフェクタ，物体認識に用いるカメラ，ホームロボットの動作設定に用いる GUI ( Graphical User Interface ) となっている．

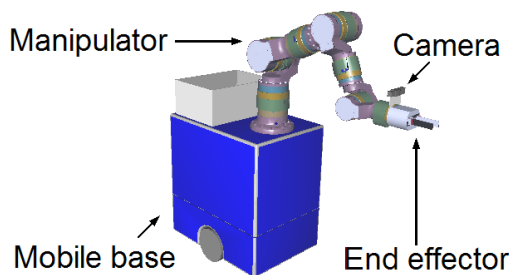


Fig.5: Home robot system.

### 4.3 作業を行う流れ

3M concept に基づいたホームロボットのターゲットユーザは単身世帯であるため、仕事などにより外出時間が長いことが考えられる。そこで、ホームロボットはユーザの外出中に作業を行うものとする。作業を行う流れとしては、ユーザが外出前にホームロボットの設定をある程度まで行い、それ以降の作業はホームロボットの自律機能に委ねるという流れとする。以下に、前項のホームロボットシステムを例に作業の流れを示す。

1. 動作設定：ユーザが GUI を用いて、ホームロボットが作業を行う屋内の静的な情報や移動経路を設定する。設定後、ユーザはホームロボットに行わせる作業内容の選択を行う。
2. 作業位置への移動：ホームロボットは移動ベースでユーザが設定した移動経路を基に作業位置付近に移動する。
3. 自律的な作業の実行：作業位置付近に到達後、カメラを用いて作業位置の情報を得る。その後、得た情報とユーザにより設定された静的な情報を参照し、自己位置を認識する。その後、マニピュレータ、エンドエフェクタを用いて、作業を行う。

## 5 ホームロボットのための GUI の開発

### 5.1 概要

開発する GUI はホームロボットの多機能化に対応可能であり、ユーザによる操作が容易で、操作が最小で済むものを目指す。操作は操作の容易性と機器のコストを考慮し、一般的に普及しているマウスを用いて行う形式をとる。

### 5.2 開発要件

開発する GUI は以下の要求を満たす必要がある。

- 多機能化への対応
  - － 複数の作業を行う場合、作業の内容毎に作業位置が異なる：作業毎に作業位置の設定が可能である。
- 操作の最小化
  - － 屋内の静的な情報の教示：動作環境の間取りを背景とした画面上にオブジェクト（ホームロボット、家具、家電など）を配置し、位置情報を伝える。
  - － 作業位置の教示：ホームロボットの初期位置と目標位置を線で結ぶように設定する。

### 5.3 開発対象

GUI を用いたホームロボットを動作設定後、ホームロボットの動作は作業位置への移動と作業の実行の二つに大別できる。今回は GUI 開発の第一段階として、作業位置への移動指令を対象とし、GUI と移動ベース間のシステム構築を行う。Fig. 6 に移動ベースと GUI のシステム構成を示す。また、以下に GUI への要求条件を示す。

- 移動ベースと動作環境内のオブジェクトとの相対位置を情報化すること。
- 複数の移動経路を設定可能であること。

- 移動ベースの動作に必要な直進距離と旋回角度を算出し、送信すること。

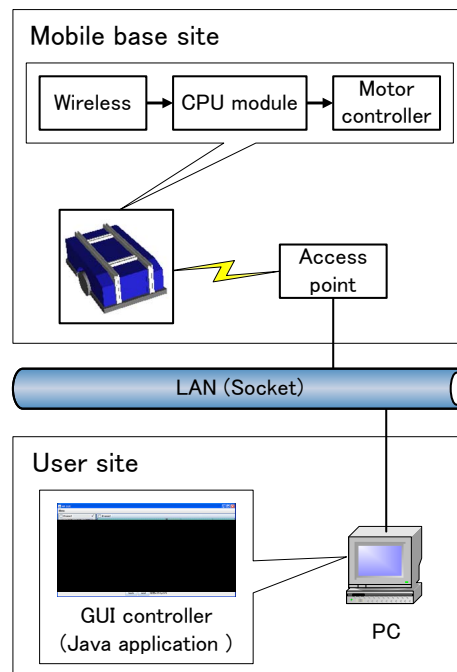


Fig.6: System of mobile base with GUI.

### 5.4 開発環境

GUI の開発環境は OS 環境に依存せず、動作可能であるという点を考慮し、Java プログラムとした。これにより、ユーザは自身の OS 環境を気にせず、GUI を使用できる。

### 5.5 操作手順

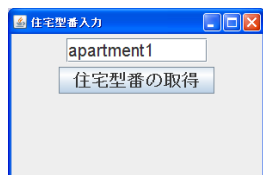
Fig. 4 に示す屋内空間でホームロボットの動作設定を行う場合を例に GUI の操作の流れを以下に示す。

1. 動作環境設定：住宅メーカーなどが住宅のデータを用意していることを前提として、ユーザは住宅の型番を入力し、間取りデータを取得する (Fig. 7 (a))。
2. オブジェクトの配置：家具、家電メーカーなどが家具、家電のデータを用意していることを前提として、マウスを操作し、間取りを背景とした画面上に家具、家電、ホームロボットなどを配置する。
3. 作業別移動経路の設定：通過するポイントを作業別に画面上に配置する (Fig. 7 (b))。なお、Fig. 8 に示すように移動経路の旋回範囲は移動ベースの最大直径で描く円とし、直進範囲は移動ベースの横幅とする。
4. ユーザからの指令に対する制限：オブジェクトの配置および移動経路の設定後、ホームロボットが設置不可能な場所、動作不可能な移動経路を指定されている場合、ユーザに再設定を促し、ホームロボットに不適切な指示が送られることを防ぐ。
5. ホームロボットに行わせる作業の選択および実行 (Fig. 7 (c))。

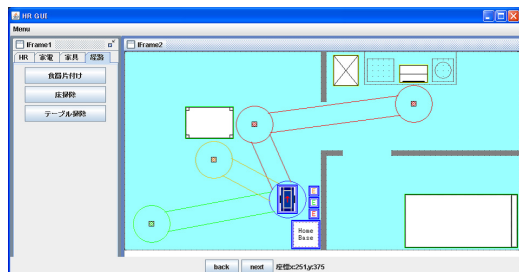
### 5.6 移動ベースとの動作確認実験

今回、本研究室内で開発した GUI を用いた移動ベースとの動作確認実験を行った。なお、移動ベースは自己位置

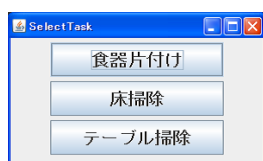




(a) Select apartment type 1.



(b) Input path.



(c) Select task.

Fig.7: GUI operation.



Fig.8: Path area.

をオドメトリにより算出する二輪駆動機構である．Fig. 9に示すように移動ベースの移動経路を設定後，その動作指令を移動ベースへ送信した．その後，Fig. 9に示すように目標位置付近に到達したことを確認した．なお，今回は事前に距離測定を行い，移動ベースの初期位置を設定した．

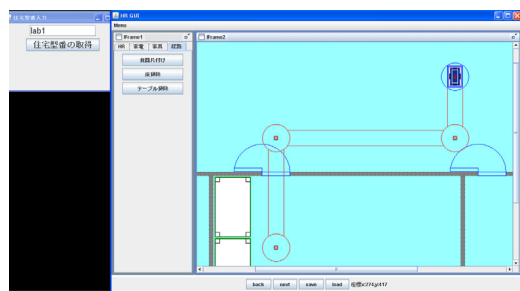


Fig.9: Experimental test of GUI and mobile base's path.

## 5.7 実験結果

実験より，GUIを用いて移動ベースを目標位置付近に到達させることが可能であることが確認できた．また，GUIを用いたユーザの指令は正確な指示ではなく，ホームロボットに自己位置の推定・校正を行う機能が必要であるということを再認識できた．

## 6 結言

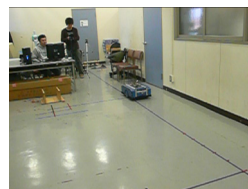
本研究では，3M conceptの最小化に基づき，ユーザがロボットの設定をある程度まで行い，それ以降の作業はロボットの自律機能に委ねるというユーザの操作の最小化



(a)



(b)



(c)



(d)



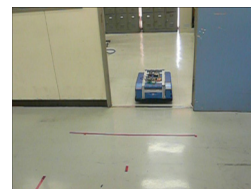
(e)



(f)



(g)



(h)

Fig.10: Experimental test of mobile base with GUI.

を実現するためのGUIの開発を行った．また，実験より開発したGUIを用いて，移動ベースを目標位置付近に到達させることが可能であると確認できた．今後はホームロボットが行う作業全体に対するGUIとのシステム構築を進めていく必要がある．

## 文 献

- [1] (2008, Feb. 29) 家事の社会サービス化、社会サービスの家事化に関する研究 [Online]. Available: <http://www.hilife.or.jp/pdf/20021.pdf>
- [2] 宮澤友規, 上野修平, 久米修平, 金宮好和: “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”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'07 講演論文集, 1A1-O06, 2007.
- [3] (2008, Feb. 29) 平成 19 年版国民生活白書 [Online]. Available: <http://www5.cao.go.jp/seikatsu/whitepaper/h19/01-honpen/html/07sh020105.html>
- [4] 萩尾孝士, 尾崎弘明, 岩村誠人, 林長軍: “経路切詰め法による移動ロボットの軌道生成と自己位置同定による自立走行”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'06 講演論文集, 2P2-E10, 2006.
- [5] 永田和之, 脇田優仁: “空間への作業情報貼付によるハンドリング作業指示”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'07 講演論文集, 1A1-N03, 2007.
- [6] 山崎公俊, 友納正裕, 坪内孝司, 油田信一: “未知形状の小型物体を自動で拾い上げる移動マニピュレータ”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'06 講演論文集, 2P1-D24, 2006.
- [7] 小菅一弘, 相澤伸: “生活支援ロボットシステム-MARY-, 第 4 報: 遠隔ナビゲーションを伴う支援作業の実現”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, 2P2-L2-3, 2004.
- [8] (2008, Feb. 29) SCHUNK GmbH & Co. KG [Online]. Available: [http://www.schunk.com/index\\_select\\_your\\_country-javascript.html](http://www.schunk.com/index_select_your_country-javascript.html)