

自律移動ロボットの使いやすさの向上のための ユーザ支援システム “HURIC”

藤城 華子 平松 薫 安西 祐一郎

慶應義塾大学

E-mail: fujiki@aa.cs.keio.ac.jp, hiramatu@aa.cs.keio.ac.jp, anzai@aa.cs.keio.ac.jp

複数ユーザと自律移動ロボットのインタラクションを円滑にすることを目的として、ユーザ支援システム HURIC (HUman-Robot support system for reliable InteraCtion) を提案する。本稿では、特に複数のユーザが自律移動ロボットを共同利用する際の使いやすさの向上を目指し、HURIC システムを設計・実装した。HURIC システムは、自律移動ロボットの使用権をめぐるユーザ同士の競合の解消、および自律移動ロボットを使用する際にユーザが行なう手続きの削減を実現した。これらの改善点から、HURIC システムの提供するユーザ支援環境が使いやすさの向上に関して有効性を持つことを示した。

A Human-Robot Support System for Reliable Interaction —HURIC—

Hanako Fujiki Kaoru Hiramatsu Yuichiro Anzai

Keio University

We think that it is important for users to have smooth interaction with robots all the time, so we propose a HUman-Robot support system for reliable InteraCtion; HURIC. In this paper, we implemented HURIC SYSTEM which is designed for users to consider autonomous mobile robots as handy tools. With HURIC SYSTEM, users do not have to care about whether a robot is free from work or not, so they can use the robot with reduced operation steps. In these points, HURIC SYSTEM is effective to improve handiness.

1 はじめに

我々の生活空間にロボットを導入することを目指す研究においては自律移動ロボットが注目を集めている [山本 92][菅野 93]。その理由は、自律移動ロボットが空間を移動しながら作業を行なえる性質をもつためである。こうした研究を進める研究室の一部では、実験室内で自律的に稼働するロボットが既に開発されている。しかし、実験室などの理想環境と我々の生活する現実環境では、存在する人間の知識や行動に大きな隔りがある。従って、理想環境で開発されたロボットが現実環境でも受け入れられる道具となるためには、ロボットの機能に関する課題だけでなく、ロボットの使いやすさなどユーザとロボットのインタラクションに関わる課題を検討する必要がある。

そこで本稿では、ユーザ支援システム HURIC (HUMAN-ROBOT SUPPORT SYSTEM FOR RELIABLE INTERACTION) を提案する。HURIC は複数ユーザと自律移動ロボットのインタラクションを円滑にすることを目的としている。本稿では特に、「ロボットの使いやすさ」の向上に注目する。ここでの「ロボットの使いやすさ」とは、ユーザがロボットに対する操作を開始してから完了するまでの期間における、ユーザの行なう手続きの少なさの度合と定義する。本稿では、複数のユーザに対して自律移動ロボットの共同利用環境を提供することで使いやすさの向上を目指し、HURIC システムの実装を行なった。

2 ロボットの使いやすさの向上のための課題

本節では、ロボットの使いやすさを向上するための課題として、複数ユーザを対象としたロボットの利用環境の整備とユーザの行なう手続きの削減を取り上げる。また、具体的な解決方法を述べる。

2.1 ロボットの利用環境

自律移動ロボットのユーザを支援する目的で構築されたシステムはいくつか存在するが、その数は少ない。しかも、そのほとんどがシングルユーザを対象にして設計されている。例えば、Noreils

のシステム [Noreils 91] はシングルユーザ・シングルロボット対応、ACTRESS[Yokota 94] はシングルユーザ・マルチロボット対応のシステムである。しかし、ここで将来的にロボットを導入しようとして想定している環境は、オフィスや家庭などの我々の生活空間である。そうした環境には通常複数のユーザが存在し、各ユーザがロボットを共同利用することになると予想できる。従って、複数のユーザを対象としてロボットの利用環境を整備する必要があると考える。

2.2 ロボットを利用する際の手続き

ロボットを動作させるために、ユーザは非常に多くの手続きを踏まなくてはならない。まず、ロボットの現在位置の確認や細かい座標指定など、ユーザが実際に手を動かして計算機やロボット本体に対して行なう操作がある。さらにユーザは、そうした操作を行なう前に、電源が入っているかどうか、ロボットの周囲に障害物がないかどうかなど、状況をひとつひとつ検討する必要がある。ユーザが複数になるとさらにその手続きは増加する。例えば、ロボットを他のユーザが使用中かどうか、順番待ちをしているユーザが存在するかどうかなどの確認が必要になる。ユーザにとってロボットが使いやすい道具となるためには、ユーザが行なわなければならない手続きを極力少なくする必要があると考える。

2.3 課題の解決方法

以上の考察から、ロボットの使いやすさの向上のための課題として、複数のユーザを対象とした利用環境の整備、およびユーザの行なう手続きの削減があげられる。

複数のユーザが存在する空間におけるロボットの利用環境には、各ユーザが他のユーザの存在を意識せずにロボットを利用できることが必要だと考える。そのためには、各ユーザの要求を一括して管理し、ロボットへの直接操作を調整する機構が必要である。また、ロボットを使用する際に必要となる手続きの中でユーザおよびロボットの行なう手続きを少なくするためには、残りの大部分の手続きを代行する機構が不可欠である。

従って上記の課題の解決を目的として、手続き

を代行する役割を持つとともに複数のユーザとロボットの間に仲介するシステムを実装する。

3 自律移動ロボットユーザの支援システム HURIC

本節では、自律移動ロボットユーザの支援システムとして HURIC を提案し、HURIC の目標とする点および必要な機能に関して説明する。

3.1 ユーザ支援システム HURIC の提案

複数ユーザと自律移動ロボットのインタラクションを円滑にすることを目的として、ユーザ支援システム HURIC を提案する。HURIC では、ユーザと自律移動ロボットのインタラクションに関わる次の3点の向上を目指している。

- ロボットの使いやすさ

ロボットが我々の生活空間で利用されるかどうかには、機能性だけでなく道具としての使いやすさが大きく関わると考える。ユーザがロボットと関わりをもっている全過程において、不自由さ、手間、不便さを感じずに操作を行なえる使いやすい環境を提供することを目指す。

- ロボットの親しみやすさ

親しみやすさは導入されたロボットが使われ続ける上で重要だと考える。また、仮に使いやすさに多少の問題がある場合でも、親しみやすさがそれを補える可能性がある。親しみやすい環境を提供するため、ユーザがロボットにアクセスする際に感じる躊躇、疎遠感、違和感などの解消を目指す。

- ロボットへの信頼感

ロボットが自律動作中に起こした問題の責任は、ロボットという個体ではなくユーザに課せられる可能性がある。こうした可能性の存在は、ロボットの高機能性に関わらずロボットへのユーザの信頼感を喪失させる要因となり得ると考える。ロボットの機能に依存せず

に、ロボットの自律的動作に対してユーザが抱く不信感や不安感を解消することを目指す。

本稿で実装した HURIC システムでは、このうち「ロボットの使いやすさ」の向上を実現することを主眼とした。

3.2 ユーザ支援システム HURIC の設計

「ロボットの使いやすさを向上する」という目標を考慮すると、HURIC は以下に述べる特徴を備えたシステムとして設計する必要がある。

- 複数のユーザと自律移動ロボットの間に仲介するシステム
- ユーザが必要とするサービスを自ら判断し、積極的に提供するシステム

具体的な機能として、HURIC には次の事柄が必要である。

- 情報の収集、加工、管理、提示

情報に関する上記の処理は、ユーザおよびロボットの双方に対して行なう。HURIC には、双方の動作に役立つ情報を収集し、有用でわかりやすい形式に加工した上で管理し、必要に応じて提示する機能が必要である。

- ユーザのロボットに対する依頼の管理

複数のユーザから不定期になされるロボットへの依頼を、ロボットに対して直接操作が行なわれる前に HURIC が一括して管理し、ユーザ同士の競合を防ぐ必要がある。

- ユーザインタフェースの構築

HURIC は、システム内部の処理を充実させるだけでなく、ロボットに対する操作をユーザが極力簡単に行なえるためのユーザインタフェースを備える必要がある。

上記の第3項のユーザインタフェースは、図1に示すウィンドウイメージに沿って構築する。

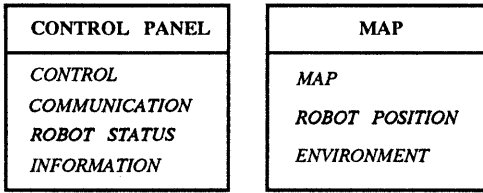


図 1: HURIC のウィンドウイメージ

構成要素は 2 つあり、ユーザの操作および情報交換を管理するコントロールパネルと、実際環境との接点としてユーザの操作を視覚的に補助する地図とから構成されている。

4 HURIC システムの実装

本節では、実装した HURIC システムの全体構成を示すとともに、実際のウィンドウインタフェース上でユーザが行なう操作手順の例を説明する。

4.1 実装の方針

自律移動ロボットの使いやすさの向上を目指して実装したソフトウェアシステムを、HURIC と区別して「HURIC システム」と呼ぶ。HURIC システムの目標は次の 2 点とする。

- (1) 複数のユーザに対する自律移動ロボットの共同利用環境の提供
- (2) 自律移動ロボットを利用する際のユーザの行なう手続きの削減

本稿での HURIC システムは、ワークステーションによるネットワークが整備されている環境を対象とした。この環境を特に選択した理由は、自律移動ロボットの導入が早期に実現できると見込まれる点にある。HURIC システムはユーザおよびロボットを通信によって計算機ネットワークと接続する。ネットワークで提供されている豊富なサービスや資源を活用することで、HURIC システムはより効果的な支援を行なえると考えられる。

HURIC システムは、ネットワークでつながれたワークステーションから HURIC システムを起

動できるすべてのユーザを対象とする。各ユーザの位置は、ネットワークから提供される情報を用いて判断する。従ってユーザがどのマシンからアクセスを行なっても、HURIC システムはマシンの位置を地図情報として持つだけでユーザの位置を特定できる。

4.2 全体の構成

HURIC システムはサーバプログラムとクライアントプログラムから構成されている。サーバはクライアントの調整および情報の管理を行なう。ロボットへのアクセス権はサーバにより管理され、調整された後適宜各クライアントに対して割り当てられる。サーバの管理する情報は、クライアントリスト、ロボットの現在位置、クライアントから伝達されるロボットへの依頼のリストである。クライアントはサーバの管理する情報を利用しながらユーザに対する支援を行なう。

HURIC システムは対象となる各ユーザに対し、常時自律移動ロボットへの仕事依頼やロボットに関する情報提供要求を行なえる環境を提供する。また、順番待ち期間や処理進行期間中にもロボットの状態に関する情報を適宜ユーザに伝達する。依頼や要求は、各ユーザがマウスを用いてウィンドウ上のボタンをクリックするという非常に簡便な操作で行なえる。

ユーザは HURIC のウィンドウインタフェースを通し、自律移動ロボットに関して以下のことを行なえる。

- 呼びだし
- 指定位置への移動
- 待ち行列に関する情報の取得
- 現在位置の把握

4.3 ウィンドウインタフェースを用いた操作の流れ

ロボットの指定位置への移動を行なう場合の操作は以下の通りである。*request* と *information* の 2 つのボタンを備えた初期画面でユーザが *request* をマウスクリックすると、その依頼の順番がメッセージとして表示される (メッセージ例: “Your

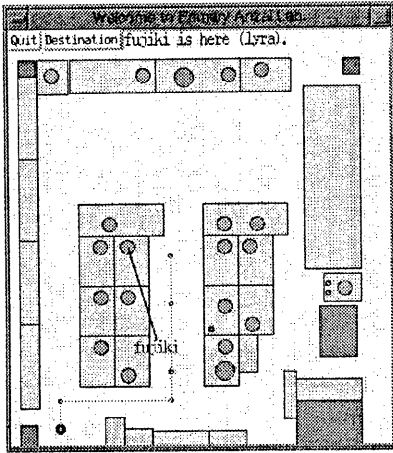


図 2: ロボットの移動過程の表示

request is No.3.”)。ユーザは自分の依頼が処理される番になったことを告げるメッセージがくるまで待機する。

順番がまわってくると、図2が表示され、ユーザとロボットの現在位置およびユーザの位置までのパスが示される。ユーザは必要に応じて移動先をマウスで変更し、移動開始命令を送る。ユーザはロボットが移動する様子を図2の地図上で確認できる。ロボットの移動が終了すると終了メッセージが表示され、初期画面に戻る。図3は、*information* が選択され、さらに情報の種類として待ち行列に関する情報が指定された場合に表示されるウィンドウである。このウィンドウには、ロボットに関する情報として、ロボットが稼働中かどうかおよびロボットの待ち行列に並べられている依頼数が表示される。

5 HURIC システムに関する考察

本稿で実装した HURIC システムは、複数のユーザがロボットを共同利用する際の使いやすさを向上するために次の事柄を実現した。

- ロボットの使用权をめぐる競合の解消
- ロボットの操作に必要な手続きの削減

HURIC システム内のサーバがユーザからの依頼を一括管理することで、複数のユーザが自律移

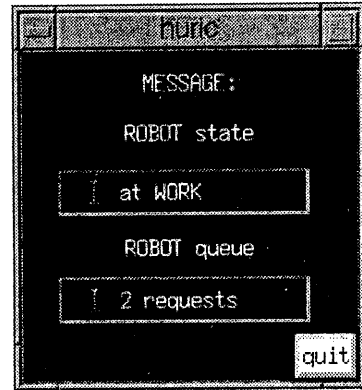


図 3: ロボットの待ち行列に関する情報の提示

動ロボットを利用しようとする際の使用权をめぐる競合は防止される。従って、HURIC システムは複数のユーザによる自律移動ロボットの共同利用を実現する上で有効に動作すると考える。

ユーザが自律移動ロボットを利用しようとする時には、自律移動ロボットの状態に関する情報を入手することが不可欠だと考える。その際、ユーザ自身が操作することで必要な情報を取得できる環境は従来から提供されてきた。今回実装した HURIC システムでは、従来通りの環境を提供するだけでなく、ユーザにとって有用だと判断される情報をロボットから取得して積極的に提示する。今回の実装では、ユーザの依頼の順番や仕事の完了の通知を行なっている。この機能により、自律移動ロボットへの操作のタイミングにユーザ自身が留意する必要が解消されるなど、ユーザ自身の手続きが軽減する効果があると考えられる。

6 今後の課題

現在の HURIC システムの実装では、次に述べるような不便さが報告された。HURIC システムがごく限られた状況にしか対応しないこと、ユーザに許された操作が限定的であること、ユーザに対して提供できるサービスが狭く柔軟性に乏しいため融通がきかないこと等である。こうした問題を解決するためおよび HURIC を用いることでさらに使いやすさを向上するため、以下に述べる事柄の実現が必要になる。

- 提供する情報の多様化

現在提供されている情報（ロボットの現在位置、ロボットが稼働中かどうか、ロボットの待ち行列に並べられた依頼数）に加え、ロボットのバッテリー残量やユーザの依頼が処理されるまでの時間、ロボット周囲の環境情報（存在する人間の数、騒音等）、ロボットの移動先のユーザが席を外していないか等、ユーザが自律移動ロボットを利用する際に役立つような情報の充実をさらに進める必要がある。

- ユーザ同士の通信

HURIC を起動しているユーザ同士の通信を可能にすることは、自律移動ロボットを円滑に利用する上で非常に有用だと考える。例えばユーザ同士が交渉して互いの依頼の順番を入れ換える、ロボットを向かわせる先のユーザに対しあらかじめ一報を入れる等、電子メールよりも手軽にユーザ同士の対話を行なえるような場合がある。

- ロボットの動作への途中介入

現段階では、ユーザは HURIC を通して依頼した仕事を途中で中止あるいは変更できない。今後ロボットの動作に途中介入できる機能が実現されれば、自律移動ロボットの道具としての便利さが向上すると考える。

- 複数のロボットへの対応

将来的に我々の生活空間へロボットが導入された時、ひとつの環境内に複数のロボットが存在し、それらを複数のユーザが共同利用している状況を予想することは自然な流れと考える。従ってマルチユーザ・マルチロボット環境を想定して HURIC を構築していくことが有効だと考える。

HURIC システムを機能的に向上させるのにもない、ユーザインタフェース部分も改良していく必要がある。現在イメージしているウィンドウは図 4 のような形式で、あらゆる情報を提示できるように構築しておき、各ユーザの好みに従って表示させる情報を選択できるカスタマイズ環境を実現したいと考えている。

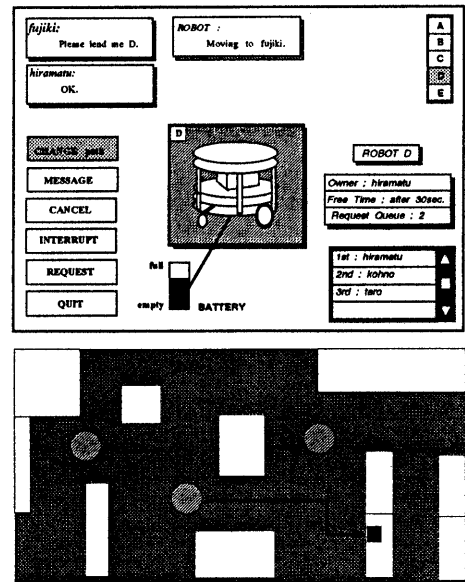


図 4: HURIC の将来的なウィンドウイメージ

参考文献

[Noreils 91]

Noreils, F.R., "Adding a Man/Machine Interface to an Architecture for Mobile Robots", IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems (IROS'91), pp.1577-1582, 1991.

[菅野 93] 菅野 重樹, "パーソナルロボットの現状と技術課題", 電気学会誌, Vol.113, No.7, pp.455-460, 1993.

[山本 92] 山本 吉伸, 佐藤 充, 開 一夫, 山崎 信行, 安西 祐一郎, "オフィスロボットシステム HuRIS —RSCW の提案—", 情報処理学会第 44 回全国大会講演集, Vol.2, pp.79-80, 1992.

[Yokota 94] Yokota, K., "A Human Interface System for the Multi-Agent Robotic System", IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol.2, pp.1039-1044, 1994.