

仮想的にロボットのハードウェア機能を実現する ヒューマンロボットインタラクション実験システム

小林 一樹 *1

山田 誠二 *1*2

*1 総合研究大学院大学

*2 国立情報学研究所

1 はじめに

掃除ロボットをはじめとする家庭用の実用ロボットが登場してきている。これらのロボットは自動的に動くことができるという点で一般の家電製品とは大きく異なっている。今後、こういったロボットが人間とどのようにして関わっていくのかという問題は非常に重要であり、現在ヒューマンロボットインタラクションに関する研究が盛んに行われている。しかし、これらの研究は人間とロボットを対象としていることから、実験における物理的な制約が多い。つまり、人間とインタラクションを行う必要があるために、シミュレーションによって実験を行うことができず、コンピュータを用いた実験記録の自動化が困難であったり、ハードウェア的な制約から本来必要である機能の実装が不可能な場合がある。

そこで、本研究ではロボットに実装困難なハードウェア機能を、ソフトウェアによって仮想的に実現する実験システムを提案する。これにより、人間-ロボット間のインタラクションに関する実験において、ハードウェア実装に関する労力を軽減するとともに、実験の部分的な自動化も図るものとする。

2 人間と小型移動ロボットによる協調掃除

本研究では対象問題を、人間と小型移動ロボットによる協調的な掃除作業 [1] における実験上の制約とする。具体的には、シミュレーション実験が不可能である点とロボットへの掃除機能の実装が非常に困難であるという点が挙げられる。人間とロボット間での物理的インタラクションが生じる実験であるので、すべてをシミュレーションで行うことは不可能であり、実験の試行回数を増や

すには多くの時間と労力が必要である。また、使用している小型移動ロボット KheperaII は非常に小型である (直径 7cm) ために、ゴミを吸い取るといった掃除機能を実現するハードウェアの実装が困難である。したがって、実験を行うためにはこれらの問題を解決する必要がある。

3 ハードウェア機能の仮想的実装

上記の問題を解決するために、実験装置に機能を付加するアプローチをとる。付加する機能は、(1) ロボット座標の自動記録、(2) 掃除個所の表示の 2 つとする。ロボット座標の自動記録により実験手順の簡略化が図れる。また、ロボットの軌跡をリアルタイムで表示することによって、それを、すでに掃除された個所としてユーザに提示することができる。特に、掃除個所の表示は、実際にはロボットに実装されていない掃除機能を、実装されているかのように扱うことを可能にしている。

4 実験システム

本システムは図 1 のように、掃除領域と表示領域を兼ねた半透明のアクリル板、USB カメラ、PC、プロジェクタから構成されている。

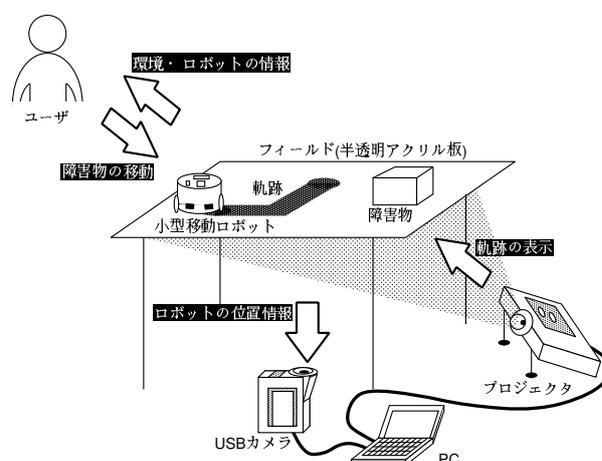


図 1 実験システムの構成

Virtual Realization of Robot's Hardware Function
for Human-Robot Interaction

Kazuki KOBAYASHI*1

Seiji YAMADA *1*2

*1 The Graduate University for Advanced Studies

*2 National Institute of Informatics

実験時には半透明アクリル板である実験フィールド上に小型移動ロボットと障害物を配置する。ロボットには下方向に2つの赤外線LEDが取り付けられており、この赤外線をIRフィルタを通してUSBカメラが125msec毎に逐次撮影を行う。赤外線光は、撮影されたカメラ画像上において2つの点として表現されるため、その2点の midpoint を求める簡単な画像処理によりロボットの位置を得ることができる。

得られたロボットの位置はカメラ画像上の座標で表現されているので、これを実際のフィールド上の座標に変換する必要がある。座標変換は、カメラ画像の四角形からフィールドに照射するプロジェクタ画像の四角形への変換関数により行われる。変換関数のパラメータは、あらかじめカメラの位置とプロジェクタ画像を校正しておくことにより決定される。

校正作業は、プロジェクタからフィールドの4隅それぞれにマークを表示し、そのマークが表示されたフィールドをカメラで撮影することにより、プロジェクタ画像とカメラ画像の各点の対応関係を簡単にとることができる。

このようにして、フィールド上のロボット位置に次々プロジェクタから画像を描くことにより、ロボットの軌跡をリアルタイムでアニメーション表示することができる。



図2 実験フィールド

実際の実験フィールドの様子を図2に示す。実験フィールド上にはロボットと障害物が配置されており、実験フィールドはプロジェクタ画像によってグリッドが表示されている。1つのセルの上をロボットが通過するとそのセルが点灯し、これが

軌跡として表現される。この軌跡は、ロボットが移動に伴って掃除した場所を意味しており、実際にゴミが吸いとられていくかわりに、セルの点灯としてユーザに提示される。

また、点灯したセルはシステムにより管理されているので、すべてのセルが点灯したかどうかの判定を自動的に行うことができる。これにより、実験開始時刻と終了時刻を自動的に記録できるため、作業負荷の軽減が期待できる。

5 実験システムの評価

図2の環境において、人間とロボットによる協調掃除実験を行った。人間のタスクは障害物の移動であり、ロボットのタスクは障害物の下の領域も含めた、実験フィールド上すべてを掃除することである。ロボットには、物体の下に入ったときその領域内に留まり、優先的に掃除する機能が実装されている。この実験では、人間がロボットの優先掃除機能を積極的に用いた場合と用いない場合を比較して、領域全体を掃除する効率の変化を調べるのが目的である。

そこで、この実験の様子を検証して実験システムを評価を行った。人間が、システムの提示する掃除領域を見た上で適切なインタラクションを行っているかどうかを確認し、これにより本システムが提供する機能が十分なものであるかを判断する。

上記の実験において、システムはリアルタイムにロボットの軌跡を表示できており、人間がロボットの動きと軌跡の状態から、適切なタイミングで箱を移動させたり、箱を置く位置を決定するなど様子が観察された。

6 考察

実験の様子から、提案する実験システムの使用によってロボットにハードウェアを実装する場合と同等の機能の提供が可能であることが確認できた。また、ロボットの位置と実験開始・終了時刻の自動的な記録が可能であるという点からも、ヒューマンロボットインタラクション実験において、本システムの利用により、実装上の負担と、実験上の負担を軽減することが可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 小林一樹, 山田誠二: 人間と小型移動ロボットによる協調的な掃除, ロボット学会学術講演会(2003).