

# スマートフォンを利用した 屋内型移動ロボット遠隔制御システムの構築

## An Indoor Mobile Robot Remote Control System Using a Smartphone

楠瀬 適† 河合 航平‡ 島田 秀輝† 佐藤 健哉‡ 松原 豊†† 本田 晋也††  
Kanata Kususe Kohei Kawai Hideki Shimada Kenya Sato Yutaka Matsubara Shinya Honda

### 1 はじめに

近年、ロボットの進化はめざましく、高機能でありながら安価な家庭用ロボットが普及し始めている。今後、ロボットの普及が進めば、任意の場所でロボットに指示を与えるために、携帯性や操作性に優れたインターフェースが必要となる。また、ロボット・インタラクションの分野では、モバイルデバイスを用いた操作方法 [1] が提案されている。しかし、ロボットを視認できる位置にいる場合、天井やロボットに搭載されているカメラの視点をもとに操作を行う方法は、操縦者は普段とは違った視点から環境を再認識し操作をすることとなり、負担となる。

そこで本稿では、ユーザ視点から移動ロボットに指示を与える手段として、スマートフォンとロボットのそれぞれに搭載されたカメラで撮影した画像の画像マッチングを利用した屋内型移動ロボットの遠隔制御システムを構築する。

### 2 関連研究

ユーザと同一空間上にいるロボットをユーザ視点で操作する方法として、レーザポインタを用いたもの [2] がある。これは、レーザポインタが射す位置をロボットに搭載されたカメラで認識させ、ユーザが指示した地点をロボットに伝えることが可能となっている。また、あらかじめレーザポインタの動きのパターンを覚えさせておくことで指定した地点に対する何らかの作業を指示を実行することも可能である。この手法は、レーザポインタ1つで手軽な操作が行える一方、ロボット自身に内部情報を伝える機能がない場合、きちんと指示が伝わったか確認できず、ユーザが間違った指示を送った場合であっても、ロボットの動作を見るまで確認できないという問題がある。さらに、ロボットを複雑な指示を出すためには、レーザポインタの動きのパターンをユーザが覚えておく必要があるという問題もある。これら問題を解決するには、ロボットの内部状態や指示方法をユーザが確認できる状態が望ましい。そのため、ロボットの操作と内部状況を同時に確認できるインターフェースが必要と考えられる。一方、ロボットの操作と指示内容の確認が同時に行える方法の1つとして、Shepherd[3]がある。これは、カメラ付きのモバイルデバイスでロボットを認識させつつ、Augmented Reality(以下AR)技術で移動先や操作内容をユーザに分かりやすく提示している。また、移動先をAR技術で現実空間上に重ねて表示しているが、画面上に移動先を描くのではなく、モバイルデバイス自体をレーザポインタのよ



図1 ロボット構成

うに動かして、現実空間上に移動先を指示している。そのため、上記のレーザポインタでの操作方法の欠点を補完した手法であると考えることができる。しかし、ロボットを操作する際には、ロボットを映し続ける必要があり、長距離を移動させるには不向きである。

### 3 提案システム

#### 3.1 概要

本稿では、ロボットとユーザが近い位置にいる場合を想定し、Kinectが搭載されたロボットを、スマートフォンのカメラで撮影した画像上の任意の地点まで移動させることが可能なシステムを構築する。まず、ユーザはスマートフォンのカメラでロボットを移動させたい地点の大まかな画像をとる。同時に、ロボットはKinectカメラで周囲の画像を撮影する。その後、スマートフォンとロボットのそれぞれに搭載されたカメラ画像からSURFによる特徴量の抽出と、画像マッチングを行う。スマートフォンとロボットが撮影した画像が対応づけられたら、ユーザがスマートフォンのカメラ画像上で選択した座標をロボットのカメラ画像上の座標に変換する。さらにそれをロボットが事前に作成したマップデータ上の座標に変換することで、ロボットの移動先を決定する。ユーザ視点から指定した座標を、マップデータ上の移動先に変換することができれば、移動ロボットは、Kinectの赤外線深度センサーを利用したSLAMを用いて、自動走行を行うことができる。

#### 3.2 地図作成および自己位置認識

本稿では、移動ロボットに対し、移動先を与えることで、その地点までの移動経路を生成し、自動走行をさせる手段として、Kinectの赤外線深度センサーを利用したSLAMを用いる。

#### [方式]SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

各種センサから取得した情報から、自己位置推定と地図作成とを同時に行う手法。

† 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科

‡ 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

†† 名古屋大学組込みシステム研究センター

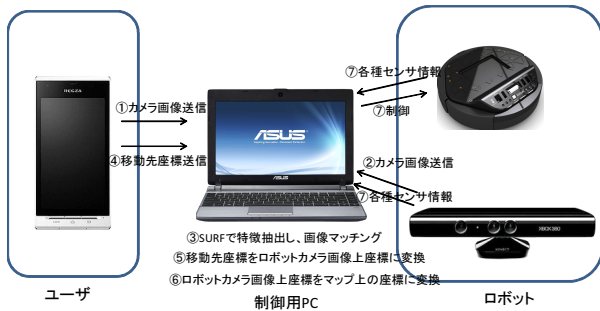


図2 提案システム

### 3.3 特徴ベースマッチング手法

本稿では、自然特徴点を検出し、スマートフォンと移動ロボットの異なる距離・角度によるカメラ画像間のマッチングを行うために、SURFを用いる。

#### [方式]SURF (Speeded Up Robust Features)[4]

SURFは画像の局所の輝度勾配を利用する特徴点抽出手法である。画像スケール、回転、輝度変化、オクルージョンに耐性のある特徴量を記述できる。

### 3.4 システム構成

本システムは、「ロボット」「スマートフォン」「制御用PC」で構成される。ロボットは、Kinectと移動用ベース機から成り、制御用PCで制御される。制御用PCは、画像のマッチング処理やSLAMによるロボットの制御を行う。スマートフォンはユーザの操作にしたがい、画像と画像上の移動先座標を送信する。ロボットは、制御用PCからの要求に対して、センサ情報を返す。

### 3.5 ロボット構成

**Kobuki** 移動用ベース機として開発されたロボットである。センサー、モーター、動力源を持ち、オドメトリ分解能も有している。

**Kinect for Windows** 距離画像センサ付きのカメラである。RGBカメラの他、奥行き情報を取得することができる深度センサを備えている。

## 4 考察

本システムは、ユーザ視点からロボットの最終的な移動先を選択することで、その地点までの自動走行が行われる。そのため、Shepherdのようにロボットをモバイルデバイスのカメラで映しつづける方法と比べ、ロボット操作中にユーザが束縛される心配がない。また、自動走行中はロボット操作に注意を払う必要がなく、周囲に気を配ることも可能となるため、操作中に画面を注視する方法と比較して、突発的な事故を回避しやすくなる。更に、本システムにおける操作手法は、スマートフォンのカメラで画像を取得し、ユーザ視点でロボットの移動先を指定するという単純なものであり、ロボットに指示を出す方法として、受け入れやすいと考えられる。

一方、本システムはスマートフォンとロボットのカメラ画像に対して、SURFを利用した自然特徴量のマッチングをかけ、スマートフォンの上の位置座標をマップ上の位置座標を推測している。しかし、座標推測に用いるセンサ情報が少ないため、あらかじめマーカやカメラを環境内に配置し、マップデータ上の位置を特定する方法と

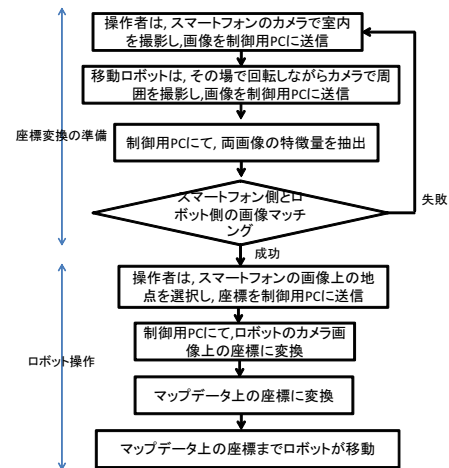


図3 処理フロー

比べ、精度面で劣る。だが、本システムはユーザがロボットを目視できる位置に移動させることを想定しており、移動先で更に何らかの指示が出されることが考えられる。また、移動先の地点が離れれば離れるほど、ユーザ目線での位置の認識があいまいになることなども考慮すると深刻な問題とはならないと考える。

## 5 まとめ

本稿では、距離画像センサ付きカメラを搭載した移動ロボットに対し、ユーザ視点から見た移動先をロボット視点に置き換えることにより、ロボットがSLAMを利用して、指定した位置へ自動走行が可能となるシステムを構築した。今回のシステムは、環境内に十分なセンサを配置できていない多くの家庭でも導入可能である。従来の、ユーザ視点操作では、細かい操作が可能な反面、モバイルデバイスのカメラでロボットや移動先を捉え続ける必要があり、長距離を操作する場合においては、負担となっていた。その為、長距離移動の際に、今回提示した操作手法を間に挟むことで、精密な操作が必要な場面と大ざっぱな操作でも構わない場面に分別し、ユーザの負担を減らすことができる。今後は、ユーザが構えたスマートフォンの高さや角度を変化させることにより、ロボットに搭載されたKinectカメラ画像とのマッチング精度がどのように変化するか調べ、正確なマッチングが行えるようなKinectの設置場所の検討及び、ユーザに角度の修正を提示することにより、精度の向上を図る予定である。

## 参考文献

- [1] D. Sakamoto, K. Honda, M. Inami and T. Igarashi: Sketch and Run: A Stroke-based Interface for Home Robots, Proceedings of the 27th international Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.197-200, 2009.
- [2] CC Kemp, C. Anderson, H. Nguyen, A. Trevor, and Z. Xu : "A point-and-click interface for the real world: laser designation of objects for mobile manipulation.", Human-Robot Interaction, pp.241-248, 2008.
- [3] 細井一弘, 杉本雅則: Shepherd: ユーザ視点のマルチロボットコントロールを実現するモバイルインターフェイス, 人工知能学会第20回全国大会, 3F3-4, 2006.
- [4] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L.V. Gool, "Speeded-Up Robust Features (SURF)", in International Journal of Computer Vision and Image Understanding, Vol.110, No.3, pp.346-359, 2008.