

全方位移動ロボットに対する移動指示インタフェースの評価

For omnidirectional mobile robot evaluation of movement instruction interface

辻 和輝, 植村 渉

Kazuki Tsuji and Wataru Uemura

龍谷大学理工学部電子情報学科

Ryukoku University

tsuji@vega.elec.ryukoku.ac.jp, wataru@rins.ryukoku.ac.jp

概要

現在社会において工場で利用されている産業用ロボットをはじめ、家庭用、医療用等多数のロボットが存在している。産業用ロボットは工場、倉庫等で部品や製品を搬送する役割を担っており、の効率化を図って搬送ロボットの駆動車輪に全方位移動可能な移動機構を持つ車輪を用いたロボットが開発されている。しかし、全方位移動可能な移動機構に対し、従来の操縦用のインタフェースでは操作が対応しておらず、全方位移動のメリットを活かしきれない場合がある。そこで本研究では全方位移動ロボットの自由度に対応したインタフェースに必要な指示方法を検討する。

1 はじめに

産業用ロボットには移動の効率化を図って、全方位移動可能な移動機構を持つ駆動車輪を用いたロボットが用いられている。全方位移動ロボットは前後への移動、左右への移動の2自由度に加えて ± 180 度の旋回運動が可能になっている。3自由度を有しており、狭いスペースを移動する際に切り返しの動作が必要ないなどの利点がある。しかし、自由度が増えたため従来の2自由度の機器向けの操縦用のインタフェースでは、全方位移動のメリットを活かしきれない場合がある。そこで、全方位移動ロボットの自由度に対応したインタフェースに必要な指示方法検討するために、既存インタフェー

スをいくつか用意し、その評価から必要な指示方法の検討を行う。既存のインタフェースは、それぞれを実際に用意するのではなく、モーションキャプチャシステムであるKinectを用いて、仮想的に用意する。

2 自律移動ロボット

2.1 全方位移動

全方位移動ロボットとは全方位移動可能な移動機構を持つロボットのことである。全方位移動機構は従来と同じ前後の移動に加え、左右への移動と ± 180 度の旋回運動が可能であり、3自由度を有している(Figure1)。全方位移動機構の駆動車輪の全方位性ホイールは、ホイールの円周上に設置されている小型の樽型ローラの回転により、左右への移動が可能である。複数の全方位性ホイールを配置し、ホイールのベクトルを進行方向に合わせて足し合わせることで全方位移動を可能にしている。

全方位移動ロボットは狭いスペースを移動する際に切り返しの動作が必要ないなどの利点があり、効率的な移動に適している。現在は工場や倉庫等の限られたスペースでの搬送作業等に利用されている。

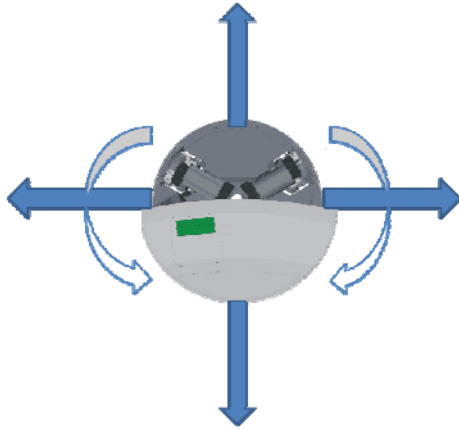


Figure 1 全方位移動ロボットの移動方向

2.2 Robotino

RobotinoとはFesto社が販売している移動式ロボットである(Figure2)。Robotinoは距離センサ、光電センサ等のセンサ類を持ち、電動グリッパやプッシュデバイス等を追加できる拡張性を持ち、画像処理、経路制御、プログラミング等のことを行うことができる。Robocup logistics league、ものづくり競技大会や技能五輪大会と言った、Robotinoの制御技術を競う大会が行われている。

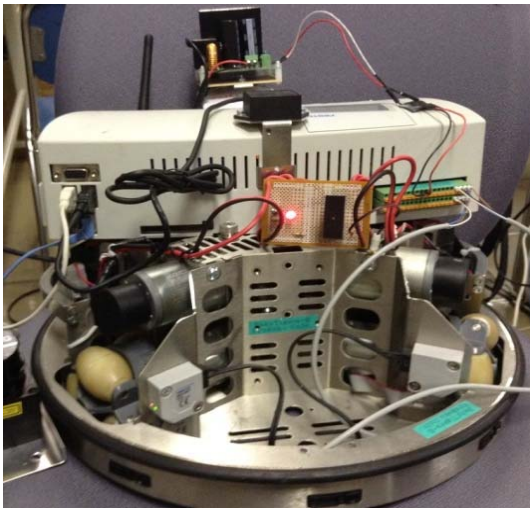


Figure2 Robotinoの外観

3 インタフェース

3.1 全方位移動可能な機器のインタフェース

全方位移動可能な移動機構を持つ機器として全方位性ホイールやそれと同じ構造を持つ

ホイールを使用した全方位移動車椅子がある。全方位移動車椅子のインタフェースとしてよく用いられているのがジョイスティックであり、ジョイスティックのレバーにより、前後と左右の四方向への方向入力が可能で、レバー部分を握って操作を行う。レーザレンジファインダから得た周辺環境情報のデータを元に、障害物の方向にジョイスティックが倒れにくくすることで衝突回避を行っている。

3.2 二自由度の機器のインタフェース

従来の移動機構に対応したインタフェースには様々なものが開発されている。

自動車のインタフェースには運転操作のために、ステアリングホイールやペダル等が配置されている。左右への進行方向の変更にステアリングホイールを使い、前後の移動の速度調整にペダル類を使用する。

バイクは自動車と同じく、二自由度の機器であるが、インタフェースは自動車とは大きく違っている。左右への進行方向の変更に運転者の体重移動により車体を傾ける動作を用い、前後の速度調整にはアクセルグリップの操作を用いる。

3.3 モーションキャプチャデバイス

KinectはMicrosoft社が発売した、Xbox360用のゲームデバイスである(Figure3)。従来のゲームデバイスであったゲームパッドは物理的な接触による操作が必要であるが、Kinectは物理的なコントローラが必要なく、プレイヤーのジェスチャや、音声認識による操作ができる。RGBカメラ、距離カメラ、4つのマルチアレイマイク、チルトモーターを備えている。Kinectは距離カメラで撮影した人物の骨格情報を認識、追跡でき、人物の動きを3次元データで取得することが出来る。Microsoft社からSDK(Software Development Kit)(Kinect for WindowsSDK

v1.8,

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278>)が公開されており、ゲームだけではなく、リハビリテーションや手術中の画面操作デバイス等の分野にも利用されている。

Kinectには4つの大きな機能がある。

・音声認識

音声認識は4箇所に配置されたマルチアレイマイクから行い、それぞれのマイクから音の遅れを解析し、音源位置の特定が可能である。

イタリア語、英語、スペイン語、ドイツ語、ポルトガル語、日本語に対応している。

顔認識

プレイヤーの顔情報を記録する。

モーションキャプチャー

Kinectのモーションキャプチャーではマーカーとトラッカーを必要としない

骨格トラッキング

深度センサからKinectの検出範囲にいる人物のKinectまでの距離を計測し、人物の骨格20箇所の位置と動きを検出する。可視化した骨格情報をFigure4に示す。



Figure3 Kinectの外観

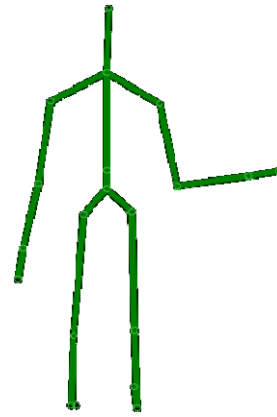


Figure4 可視化した骨格情報

4. Kinectを使った全方位移動ロボットの インタフェース

4.1 作成するプログラムの概要

本研究では全方向移動ロボットの自由度に対応した移動指示方法抽出のために、Kinectを用いて、仮想的に既存のインタフェースを用意する。Kinectを使ったプログラミングにVisual Studioを使用し、Kinectから取得した画像の表示にOPENCVを使用する。Visual StudioはMicrosoft社がリリースしているソフトウェア開発ツールであり、VisualC++、Visual Basicなど複数のプログラミング言語に対応している。OPENCVはオープンソースのコンピュータ・ビジョンライブラリであり、コンピュータで画像や動画の処理を行うのに必要な機能が実装されている。Kinectと操作ロボットの接続ブロック図をFigure5に示す。

Kinectの検出範囲内(800mm～4000mm)に人物が入り、Kinectがその人物の骨格情報を取得すると骨格トラッキングを開始する。人物を認識したKinectは骨格情報を数値化し、接続しているコンピュータにSDKを通して情報を送る。そしてその骨格トラッキング中の人物が特定の動作をすると、Kinectを介して制御プログラムが情報を受け取り、全方位移動ロボットのモー

タ部分を制御することで、ロボットが移動する。制御プログラムのフローチャートをFigure6 に示す。

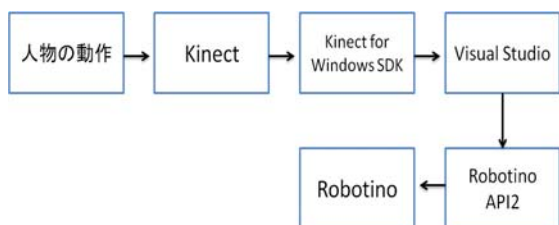


Figure5 Kinectとロボットブロック図

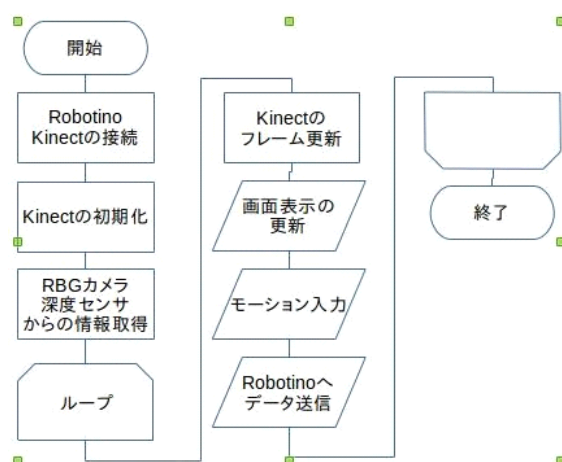


Figure6 フローチャート

5. 実験

5.1 実験方法

本研究では全方位移動ロボットに適した移動支持方法の抽出が目的である。そのため、従来のインタフェースである、自動車型、バイク型、ジョイスティック型の3つの仮想的インタフェースを作成する。

自動車型 (Figure7)

両手の手のひらのX, Y座標をKinectから取得、右の手のひらと左の手のひらの二点間の角度をハンドル操作として判定する。速度調節には右足の前後の位置から判定する。

バイク型 (Figure8)

両手手のひらの前後位置で速度調節の判定を

行い、体の傾きから方向変換の判定を行う。

ジョイスティック型 (Figure9)

Kinectから右の手のひらのX, Z座標を取得し、XをロボットのX軸移動、ZをロボットのY軸の移動と判定する。

実験では3つの既存インタフェースを用いて全方位移動ロボットへの移動指示を行い、その評価を行う。操作する全方位移動ロボットにはRobotinoを使用する。操縦者には各インタフェースで経路走行を行ってもらおう。

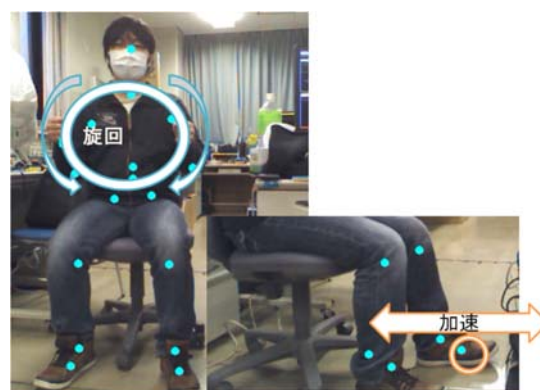


Figure7 自動車型の操作イメージ

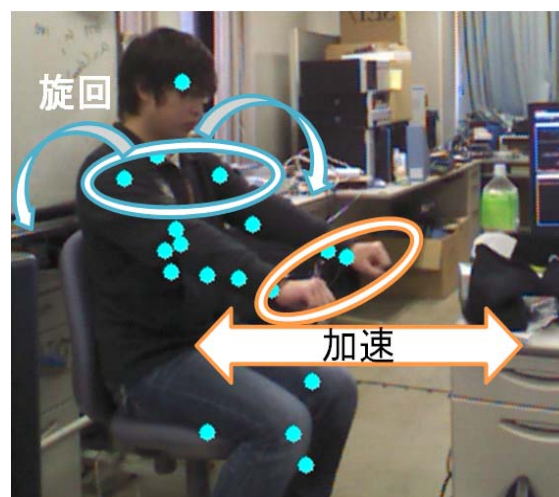


Figure8 バイク型の操作イメージ

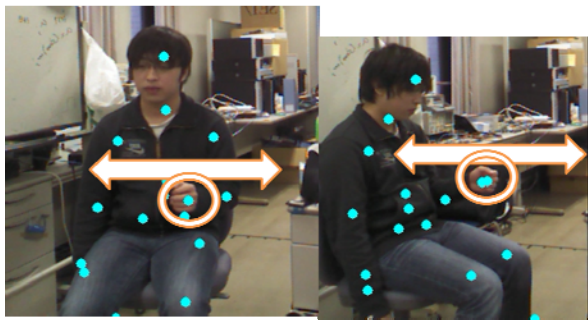


Figure9 ジョイスティック型の操作イメージ

5.2 評価方法

仮想的な既存のインタフェースをユーザに操作してもらい、その操作性を評価するためにアンケートを集計する。

アンケートには結果を定量的に扱うために、SD法を用いる(セマンティックディファレンシャル法。大小、冷熱など対形容詞を数段階に分けて評価させ、測定する方法。心理学者チャールズ・オズグッドが開発した、セマンティックディファレンシャル法, デジタル大辞泉, 小学館2008)。評価実験に用いた評価項目の一部をFigure10に示す。

評価項目として加速、旋回性、直進性、疲労感、安定感、総合的な操作性の優劣を測定する。

車	加速がいい					加速が悪い
バイク						
ジョイスティック						

Figure10 評価項目の例

5.3 実験結果

集計したアンケート結果をグラフ化したものをFigure11に示す。

結果からバイク型、ジョイスティック型の旋回性、安定性の低さが、自動車型のインタフェースでは全体的に高評価を得られた。それぞれのインタフェースの旋回方法を比較すると、バイ

ク型、ジョイスティック型では操縦者が体を傾けているつもりがない、斜め移動指示を出していないと操縦者が考えていても、僅かな体の傾きや、手の左右位置を取得して方向変更を行っており、このような操縦者の意図していない指示が旋回性、安定性の低評価の原因と考えられる。自動車型のハンドル操作では操縦者からハンドルが正面に位置して、方向変更を行っている両手の位置が見え、意図しない方向変更指示が起こりにくいのだと考える。全方位移動ロボットは従来の移動機構と違い移動動作に加えて旋回運動を行えることから、旋回の操作指示として意図しない操作の誤認識を避けるために、操縦者側から操作状況が把握しやすい操作指示が必要であると考えられる。

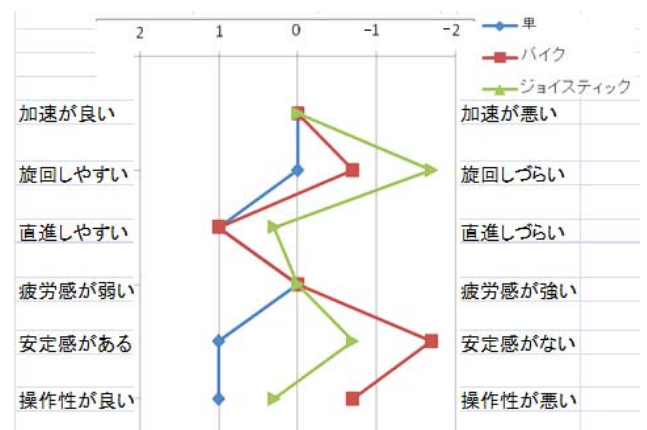


Figure11 グラフ化したアンケート結果

6 結論

本研究では、従来の移動機構よりも自由度が増えた全方位移動機構に適した操作方法の検討のため、従来のインタフェースをモーションキャプチャシステムであるKinectを用いて仮想的に作成し、移動方法の抽出を行った。実験結果から自動車のような両手での旋回操作と足での速度調整の操作は直進性、安定感、総合的な操作性と操縦者から良い評価を得られることが分かった。またバイクのような操作の場合は良い評価、悪い評価が別れてしまうことも

分かった。

今後は新たな評価軸を加えることや従来のインタフェースを加えることで、より全方位置移動ロボットの自由度に対応した移動指示方法の抽出を進めていくことが課題である。

謝辞

本研究はJSPS科研費 15K16313 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 中村薫, 齋藤俊太, 宮城英人, KINECT for Windows SDKプログラミング C++編(秀和システム, 2012)
- [2] 杉浦司, 中村薫 Kinect for Windows SDK 実践プログラミング(工学者)
- [3] Gary Bradski, Adrian Kaebler, 松田晃一 (訳), 詳解 OpenCV —コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識 オライリージャパン