

## 1. はじめに

近年、自動搬送ロボットやパーソナルモビリティなど的高知能な移動ロボットの開発や研究が盛んになされている [1]。この中で、パーソナルモビリティの一つである電動車椅子について、事故の危険性があげられている [2]。特に、電動車椅子は高齢者の移動手段として扱われることが多いが、既存のジョイスティックを用いる操作は高齢者の認知・運動能力を考慮すると操作ミスが懸念される。ジョイスティックによる操作はそれ専用の動作であり、人間の自然な動作ではないという課題がある。ロボット制御に対する非接触型インターフェースの例として、手によるジェスチャー判別の研究例 [3] があるが、実ロボットへの実装には至っていない。このほか、車椅子搭乗者の頭部姿勢を用いてハンドフリーで車椅子を操縦する報告 [4] もあるが、ジョイスティックに比べて2倍の走行時間を要するなど即応性に課題がある。このような観点から本研究では、車椅子搭乗者の自然かつ直感的な動作で操作可能な操縦インターフェースの開発を目指す。

## 2. コンセプト

本研究に用いるロボットの外観を Fig.1 に示す。本研究ではインターフェースの操作方法として、ハンドジェスチャーに着目する。ハンドジェスチャーは LeapMotion で認識する。ハンドジェスチャーは既存のジョイスティックと比較して、直感的で自然な動作である。ハンドジェスチャーの有用性として、実空間の指定の容易さと、操縦モードの切り替えが挙げられる。そこで、本研究では Fig.2 に示すようにハンドジェスチャーを用いた手動操縦とポインティングによる自動走行を実装する。これをシームレスに切り替えることで操作性を向上させる。

## 3. 手動操縦

手動操縦は仮想ジョイスティックを用いる。Fig.3 に示すようにジョイスティックを握る動作を行うと、その地点に仮想的なジョイスティックが生成され、操

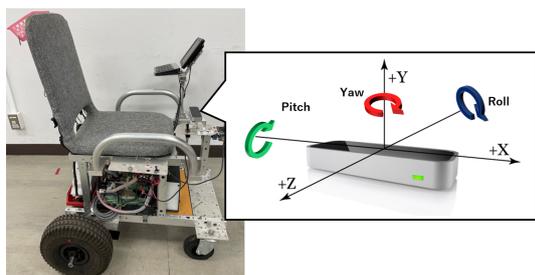


Fig. 1 ロボット外観

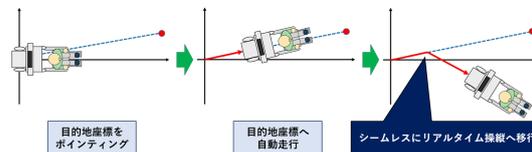


Fig. 2 シームレスな操縦モードの切り替え

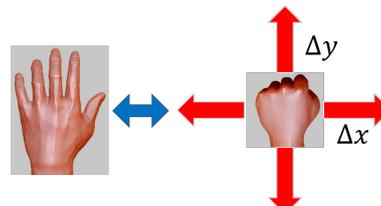


Fig. 3 仮想ジョイスティックの操作方法

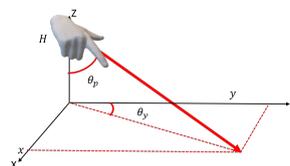


Fig. 4 ポインティング手法

縦が可能となる。ジョイスティックを握る動作を検出した地点を原点とし、ここからの手の移動量  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  [mm] を取得する。この移動量を定数倍したものを電圧値として与えることで、車椅子を制御する。

## 4. 実空間ポインティング

### 4.1 ポインティング手法

ポインティング手法を Fig.4 に示す。本手法は移動したい先の床を指さす。指の Pitch を  $\theta_p$ 、Yaw を  $\theta_y$ 、手の高さを  $H$  とすると、目標座標は (1) 式で求まる。

$$(x, y) = (H \tan \theta_p \sin \theta_y, H \tan \theta_p \cos \theta_y) \quad (1)$$

### 4.2 使用するジェスチャー

ポインティングに使用するジェスチャーを Fig.5 に示す。ジェスチャーには人差し指の向き、ピンチ  $p$  (摘み度合いを 0~1 であらわす)、親指と手のひらの移動速度  $v_f$ ,  $v_h$  [mm/s] を使用する。目的地を人差し指でさしながら親指で仮想の決定ボタンを押す動作でポインティングを行う。ジェスチャーの認識範囲は (2) 式のように設定した。

$$p > 0.2, v_f > 180, v_h < 40 \quad (2)$$

### 4.3 ポインティングの誤差補正

Fig.4 に示すようにポインティングを行う。しかし、搭乗者が認識する目的地と算出する座標には誤差が生じるため、これを補正する。補正は、キャリブレーションで個人差を是正したのち、誤差モデルを構築することで行う。キャリブレーションは Fig.6 のように、3[m] 先のターゲット 3 点を指さすこと

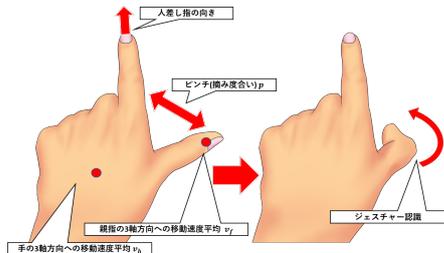


Fig. 5 ポインティングジェスチャー

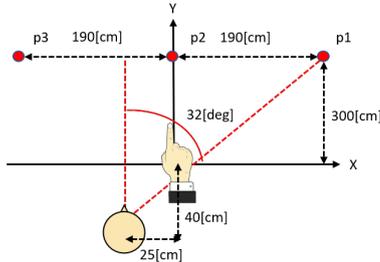


Fig. 6 ポインティング精度検証

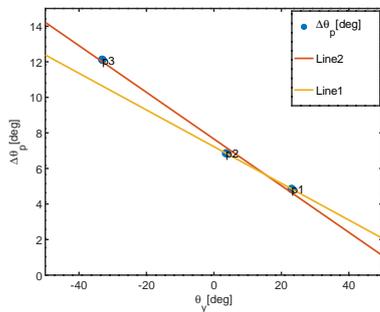


Fig. 7 構築した誤差モデル

で行う。頭と手が直線上にある p1 は正確にポインティングできる [5] が, p2, p3 と誤差が大きくなる傾向にある。搭乗者が p1 を正確に指せていない場合は p1 が目標値と重なるように Pitch を修正し, 以降の点においても p1 に加算した Pitch を加算することで個人差を補正する。その後, 誤差モデルを構築する。誤差モデルはキャリブレーション時の Pitch の目標値と実測値の誤差  $\Delta\theta_p$  を直線近似したものである。構築した誤差モデルを Fig.7 に示す。Yaw が正の場合は Line1, 負の場合は Line2 を使用する。使用時は (3) 式のように算出された  $\Delta\theta_p$  を実測値  $\theta_p$  に加算することで誤差を補正する。

$$\begin{cases} x = H \tan(\theta_p + \Delta\theta_p) \sin \theta_y \\ y = H \tan(\theta_p + \Delta\theta_p) \cos \theta_y \end{cases} \quad (3)$$

#### 4.4 ポインティング精度検証

構築した誤差モデルを用いて, Fig.6 に示すようにポインティング精度検証を行った。検証結果を Fig.8 に示す。補正前の平均誤差は 108[cm], 補正後の平均誤差は 30[cm] であり, 78[cm] の誤差の軽減を確認した。

### 5. 操縦モードの切り替え

操作性向上のため, ポインティングによる自動走行から手動操縦へと, シームレスに操縦モードを切り替える。本手法は, 仮想ジョイスティックを生成する際, 操縦モードを切り替える直前の入力がない

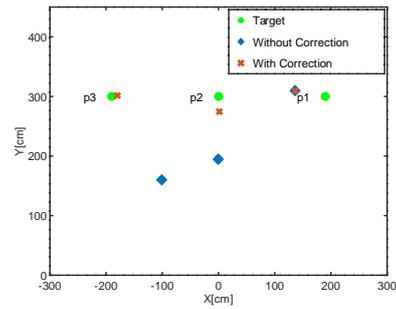


Fig. 8 ポインティング精度検証

Table 1 提案手法と既存のジョイスティックの走行時間と操作数の比較

提案手法		既存のジョイスティック	
走行時間 [s]	操作数	走行時間 [s]	操作数
32.11	14	33.22	25
34.03	13	30.22	33
29.19	12	29.59	25

れた状態で生成する。手動操縦は, 手の移動量を定数倍したものを電圧値として使用している。そこで, 自動走行時に左右の車輪に与える電圧  $V_L$ ,  $V_R$  から (4) 式のように手の移動量を逆算する。これを初期値とすることで, 仮想ジョイスティックにあらかじめ入力がない状態となる。

$$\begin{cases} \Delta x = (V_L - V_R)/B \\ \Delta y = (V_L + V_R)/A \end{cases} \quad (A, B \text{ は定数}) \quad (4)$$

### 6. 走行実験

操作性の評価として, 提案手法と既存のジョイスティックの走行時間と操作数を比較する。既存のジョイスティックと比較して, 提案手法の操作数が少ないならば, 微調整の頻度が減少したといえ, 操作性の向上が示される。結果を Table.1 に示す。本実験では 3 回ずつ走行を行った。この両者の間に走行時間の差異は見られず 14 回の平均操作数の削減が確認できた。

### 7. おわりに

本研究では仮想ジョイスティックを用いた手動操縦と, ポインティングジェスチャーによる自動走行を実装した。これらをシームレスに切り替えることで操作性の向上を試みた。走行実験において操作数を削減することで, システムの有用性を示した。

### 参考文献

- [1] 森, 長尾: “電動車いすの屋内外自動走行”, 情報処理学会第 81 回全国大会, 6U-07
- [2] 渋谷, 垣本, 斎藤, 鈴木, 松野, 関口: “電子式ハンドル形電動車いすの安全走行制御に関する研究-レーザーレンジファインダによる溝・段差回避-”, 2012 年度精密機械工学春季大会学術講演会公開論文集, pp.941-942(2012)
- [3] 寺井ほか: “ジェスチャー・インターフェースによるロボットの操縦”, Dynamics and Design Conference 2006 論文集, 551(2006)
- [4] 大塚, 柴里, 嶋田, 加藤: “深度センサを用いた座面昇降機構をもつ電動車椅子のハンドフリー操縦システム”, Dynamics and Design Conference 2016 論文集, 515(2016)
- [5] 坪見 宏人: “情報共有テーブルにおける床方向ポインティングジェスチャーの検証”, 第 21 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集 (2019)