

1. はじめに

近年、宅配・郵便業界で人手不足が懸念されている。人手不足による就業者一人当たりの負担が増加している。それを改善するために労働時間削減と稼働率向上により労働効率性を向上させることが求められている。そのような背景から、ロボットが人に追従する運搬支援システムを構築することによって荷物運搬の負担を軽減し、就業者一人当たりの負担を軽減させることを目的に人追従ロボットの開発を行う。人追従ロボットの実装において、先導する人の位置姿勢を高精度に推定することは重要である。先行研究では、追従対象である人の姿勢を推定するのに横腹など人の影になる部分を測定できず、姿勢を推定する際、誤差が生じる問題があった。そこで本研究では、重み付き最小二乗法を用いることで人の姿勢の推定を行う。

2. 追従システム概要

始めに光測域センサを用いて深度情報を取得し、深度情報から人の輪郭を抽出する。人の方向は重み無しの最小二乗法と重み付き最小二乗法を用いて求める。輪郭の測定点の座標を (m_i, n_i) 、重み無し最小二乗法で求めた直線を $\tilde{n}_i = am_i + b$ とすると、重み付き最小二乗法で求めた回帰直線の傾き a と切片 b は (1) 式、(2) 式のように求めることができる。まず、重み無しの最小二乗法で人の向き ψ_1 を求める。向き ψ_1 が $|\psi_1| \leq 10^\circ$ なら ψ_1 を人の向きとし、 $|\psi_1| > 10^\circ$ なら重み付き最小二乗法で人の向きを求め、その向き ψ_2 を人の向きとする。重み付き最小二乗法の重みを w 、重み w の決定する条件式は (3) 式とする。

$$a = \frac{\sum_{i=1}^K w_i m_i \sum_{i=1}^K w_i m_i n_i - \sum_{i=1}^K w_i m_i^2 \sum_{i=1}^K w_i n_i}{(\sum_{i=1}^K w_i m_i)^2 - \sum_{i=1}^K w_i \sum_{i=1}^K w_i m_i^2} \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^K w_i m_i \sum_{i=1}^K w_i n_i - \sum_{i=1}^K w_i \sum_{i=1}^K w_i m_i n_i}{(\sum_{i=1}^K w_i m_i)^2 - \sum_{i=1}^K w_i \sum_{i=1}^K w_i m_i^2} \quad (2)$$

$$w = \begin{cases} 0, 2 & (n_i - \tilde{n}_i > 10) \\ 1 & (n_i - \tilde{n}_i \leq 10) \end{cases} \quad (3)$$

追従方法は仮想連結モデルを採用する。仮想連結モデルのモデル式を (4)、(5) 式に示す。先行車の速度 V_1 と角速度 ω_1 、連結点の旋回角度 ϕ より、追従車の速度 V_2 と角速度 ω_2 を求めることで追従可能になる。

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ \omega_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & l_1 \sin \phi \\ \frac{1}{l_2} \sin \phi & -\frac{l_1}{l_2} \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ \omega_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\phi = \theta_1 - \theta_2 \quad (5)$$

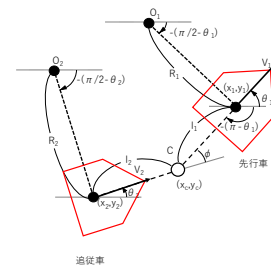


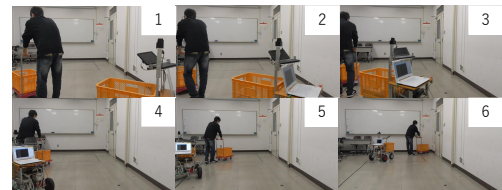
Fig. 1 連結モデルの概要図

3. 実機実験

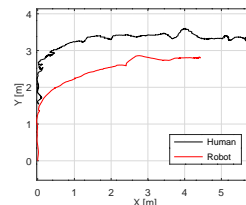
実際にロボットを動かして実験を行った。連結モデルの仮想棒の長さ l_1, l_2 の比は $l_1 : l_2 = (1 - \alpha) : \alpha$ と求められる。この実験では α の値を 0.65 として行った。

人が直進した後、右に旋回してロボットが追従するかを確認した。このときの実験の様子と結果を Fig. 2(a) に示す。

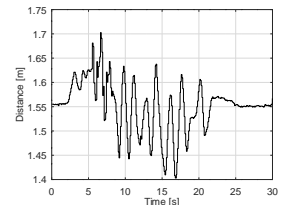
Fig. 2(b) より、ロボットが人より内側を通っているが、人の経路の近くを通っていることが分かる。また、Fig. 2(c) より、人とロボットの距離の変化が少ないことから追従できていることが確認できる。その様子を Fig. 2(a) より確認できる。



(a) 追従の様子



(b) 人とロボットの経路



(c) 人とロボットの距離

Fig. 2 実機実験

4. まとめ

本研究は配送者の負担を削減することを目的に、人追従ロボットの構築を行った。ロボットの追従は仮想連結モデルにより可能になる。問題点としては、センサの測定範囲内に人以外の対象物がある時に追従対象を間違えることがある。そこで今後の課題として、常に人を追従対象とするシステムを構築を目指す。

参考文献

- [1] 荻野 修平, 関 祥吾, 大橋 薫: 宅配・郵便業界における人手不足について, ファイナンス, pp. 52-53, 2018