

## 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。通信販売等の利用増加により宅配便の取扱個数は大幅に増加しており、それにより不在による再配達も増加している。一方で、相対的な労働時間の長さ・所得額の低さによる就業者数の伸び悩みが起きており、就業者は近年横ばいの動きをしている [1]。結果として配送者 1 人あたりの負担が深刻になっている。それを受け、宅配・郵便業界では作業の無人化を目指す取り組みが注目を浴びている。そこで本研究では、配送者の負担を減らし、企業の利益を維持するために、隊列制御を用いた、無線通信を必要としない、荷物の配送を補助するロボットによる運搬支援システムの構築を行う。

## 2. 追従ロボットおよびシステム概要

本研究で用いる追従ロボットの外観を Fig.1 に示す。奥行き情報の測定には、Fig.2 に示すインテル株式会社の Intel RealSense Depth Camera D435 を用いた。ロボットが人を追従し、荷物の運搬を支援するシステムを構築する。



Fig. 1 追従ロボットの外観



Fig. 2 RealSense の外観

### 2.1 追従手法

追従のイメージを Fig.3 に示す。始めに RealSense を用いて奥行き情報を取得する。解像度の width において 120 個、height において 3 個、計 360 個、三層分の測定点を定める。本システムでは一層目の測定点を使用する。測定点群の中から 0.3m~1.5m を測定した測定点を追従対象である人の輪郭部分であると考え、それ以外の測定点の測定距離を 0m に置き換える。輪郭として残した測定点の重心を算出する。また、輪郭の測定点の中で最短距離と最長距離の測定点を求め、左の測定距離を  $Z_1$ 、右の測定距離を  $Z_2$  とする。

重心からロボットの両車輪間を結んだ線分に垂線を引くことができ、かつ  $Z_1$  と  $Z_2$  がほぼ同値になり、人の動線上に乗るまでロボットを移動させる方法をとる。青点は対象物の輪郭となる測定点を、赤点 g は輪郭の重心を、赤点 c はロボットの両車輪間の midpoint を示している。Fig.3(b) の点線は理想追従経路を示す。

また、ロボットを追従させるためのパラメータのイメージを Fig.4 に示す。追従中は RealSense が奥行き情報を取得し続け、常に人の傾きを算出する。Fig.4 に示すように人の動線を直線  $y = ax + b$  と仮定する。 $Z_1$  と  $Z_2$  の差分を用いて  $y$  の傾き  $a$  を求め、それを用いて人の姿勢角  $\phi$  を算出し、ロボットの角速度  $\omega$  を決定する。 $a$  を求める式を (1) 式、 $\phi$  を求める式を (2) 式、 $\omega$

を導く式を (3) 式に示す。 $K_h$ 、 $K_p$ 、 $K_d$  は調整ゲインを、 $\psi$  はロボットの姿勢角を、 $d$  は  $y$  とロボットの動線との距離を表す。

$$a = \tan\left\{K_h(Z_1 - Z_2) + \frac{\pi}{2}\right\} \quad (1)$$

$$\phi = \arctan(a) \quad (2)$$

$$\omega = K_p(\phi - \psi) \pm K_d d \quad (3)$$

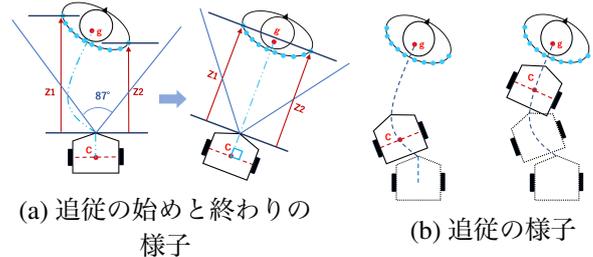


Fig. 3 追従のイメージ図

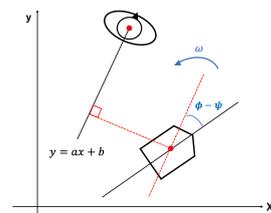


Fig. 4 追従パラメータイメージ図

## 3. 追従シミュレーション

人が自然に障害物を避けて歩き、それを追従するという想定して人追従シミュレーションを行った。人は傾きを  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$  と、始めも含め 3 回変える。Fig.5 にシミュレーション結果を示す。ロボットは人に滑らかに追従できていることが分かる。また、人との距離も最終的に 0 に収束していることが確認できる。

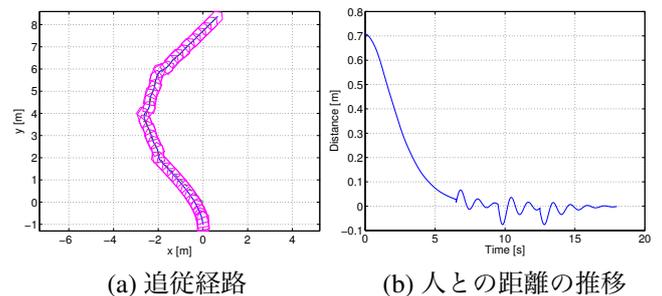


Fig. 5 シミュレーション結果

## 4. まとめ

荷物の配送を補助するロボットの人追従システム構築を目指し、シミュレーションで実現に近づいた。屋内での実用化が実現できれば配送者の負担軽減に効果が期待できる。今後、屋外での実装も進め、総合的な運搬支援を行い、宅配・郵便業界の作業無人化の未来を見据えたい。

### 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