ヒトに近接する自律走行ロボットの動作計画

Motion Planning of Mobile Robot for Tracking a Human

○ 多部田 溪野 (群馬大院) 須藤 健太 (群馬大院)
 鈴木 友梨 (群馬大) 坂 洋明 (群馬大)
 正 中沢 信明 (群馬大) 正 松井 利一 (群馬大)
 Keiya TABETA, Gunma University, t13801242@gunma-u.ac.jp
 Kenta SUDO, Gunma University.
 Yuri SUZUKI, Gunma University.
 Hiroaki SAKA, Gunma University.
 Nobuaki NAKAZAWA, Gunma University
 Toshikazu MATSUI, Gunma University

This paper describes the development of the mobile robot for tracking a human. The system could measure the distance between the mobile robot and a human by processing the image of Kinect sensor. In the experiment, subject separated from the tracking mobile robot, while keeping a constant span. This characteristic was applied to the velocity control of the mobile robot for keeping a comfortable span.

Key Words: Mobile robot, Image Processing, Measurement

1. 緒言

近年、医療福祉やエンターテインメントなどサービスロボットの分野が注目されている^[1]。誘導ロボットもその一つであり、ヒトとロボットとの空間の共有という観点から、様々な研究がなされている。特にヒトとロボットとの距離感、ロボットに対する脅威や恐怖感を取り除くために、重要な研究課題となっている^{[2][3]}。

本研究では、追従ロボットのようにロボットがヒトを追従する場合を考える。ここでは、Kinect センサを利用することで画像処理によって時系列データの取得が可能なシステムを構築し、ロボットとヒトの距離間の時間的な変化について調べる。さらに提案する計測システムを利用して、追従ロボットの走行制御に適用する。

2. 本システムの構成

本研究における走行ロボットならびにシステム構成を Fig.1 に示す。画像処理には、マイクロソフト社製 Kinect for Windows (L6M-00020) を使用し、駆動には、インホイールモータ (Golden Motor 社製 PW-12H) を使用している。制御用 PC からシリアル通信によってマイコン (Smart Project 社製 Arduino Uno) に制御信号が送られ、これをもとにマイコンが PWM 信号を出力し、インホイールモータの駆動制御を行う。

3. ヒトの認識および距離測定

本システムでは Kinect センサを利用する。Fig.2 に示されるように、ヒトの画像より各関節部分における 3 次元座標を求めた。ここでは、首元の座標からヒトの位置を計測し、ヒトとロボットとの距離を求めた。

4. 走行実験

初期状態では、ロボットから十分に離れた位置に待機させた。ロボットについては一定の速度で走行させ、被追従者とロボットとの距離の変化を測定した。このとき被追従者はロ

Fig.1 Mobile robot and system configuration

Fig.2 Recognition of human

ボットから離れるように後ろ向きに歩く。なお、 x の値は、前節で認識した有効画素における x 座標の最大値と最小値の差である。

4.1 測定条件

ロボットの速度は、約 1.6[km/h] と約 2.0[km/h] と約 2.2[km/h] とした。初期状態において、ロボットと被追従者との距離は予め 1.65[m], 2.65[m] 離す計 2 つの条件について調べた。なお、追従される際、初期状態での距離を保つ必要がない旨を伝え

た。被追従者は、ロボットが走行を始めてから約 10[m]間走行を行った。

4.2 測定結果

被追従者とロボットとの距離間変化の時系列データの例（初期距離 2.65[m]，時速 2.0[km/h]）を Fig.3 に，例（初期距離 1.65[m]，時速 2.0[km/h]）を Fig.4 に示す。図によると，被追従者とロボットとの距離は，遠い状態にあるときに大きく減少していき，距離が近くなるにつれて徐々に減少の度合いは小さくなり，最終的に一定距離に収束していく。全体の平均収束距離は，約 1.8[m]となった。

5. 速度制御

平均収束距離の周辺範囲を定速走行区間とし，本走行ロボットの定速走行時の速度を v_s ，被追従者とロボットとの距離を L ，走行を行う被追従者との最小有効距離を L_{min} ，定速走行を行う距離の上限値を L_{max} ，下限値を L_{min} とし，速度 v は以下の式 (1)，(2) によって与える。

$$v = \begin{cases} 0 & (0 \leq L < L_{min}) \\ v_s \frac{\cos((1+\beta)\pi) + 1}{2} & (L_{min} \leq L < L_{max}) \\ v_s & (L_{min} \leq L \leq L_{max}) \\ v_s \left(1 + \frac{L - L_{max}}{L_{max}} \right) & (L > L_{max}) \end{cases} \quad (1)$$

$$\beta = \frac{L - L_{min}}{L_{min} - L_{min}} \quad (2)$$

6. 追従制御

ヒトを見失わないようにするために首元の x 座標に着目し，首元を常に画像の横方向(x 方向)の中央にくるように左右のモーターに出力命令を加えた。フローチャートを Fig.5 に示す。 x は画像上における首元の x 座標である。 $V1$ は右モーターに与える電圧出力である。 $V2$ は左モーターに与える電圧出力である。 $val1$ ， $val2$ は基本となる定速度である。 $val1'$ ， $val2'$ は Kinect センサが被追従者を見失わないために与える補助速度である。ここで，Fig.5 に示したフローチャートについて記述する。まず，プログラムを起動させる。最初の条件分岐で，もしプログラムが起動中ならば，次の条件分岐 ($x > 0.08$ [m]) に進む。これは，被追従者が画像の右側に映っている状態であり，実際はロボットから見て左側にいる状態を意味する。この場合，右モーターを加速させる必要があるため， $val1'$ を右モーターの出力に加える。他の場合には，次の条件分岐 ($x < -0.08$ [m]) に進む。これは，被追従者が画像の左側に映っている状態であり，実際はロボットから見て右側にいる状態を意味する。この場合，左モーターを加速させる必要があるため， $val2'$ を左モーターの出力に加える。もし，条件分岐 ($x < -0.08$ [m]) でないならば被追従者が画像の中央に映っている状態であり，実際はロボットから見て中央にいる状態を意味する。このとき，左右のモーターに基本となる定速度だけを

与え，直進させる。この処理をループさせることでヒトを見失わないで追従し続けることが可能となる。

7. 結言

本研究では，Kinect により特定のヒトを認識でき，リアルタイムにヒトとの距離を計測することが可能なシステムを構築した。追従走行実験では，ヒトとロボットとの距離間の変化や収束の様子を時系列データで取得し，これをもとに追従走行時のロボットの走行制御の一例を提案した。さらに，追従制御を行うことでヒトを見失わないで追従し続けることが可能となった。今後の課題として，被追従者の認識の確実性の向上，追従制御の向上が挙げられる。

Fig.3 Distance between the mobile robot and subject(2[km/h])

Fig.4 Distance between the mobile robot and subject (4[km/h])

Fig.5 Flowchart of tracking human

文献

- [1] 猪岡光, 池浦良淳:人間工学に接近するロボティクス, 人間工学,38 (5),pp.231-236,2002
- [2] 林田和人,遠田敦,吉岡陽介,高橋正樹,佐野友紀,渡辺秀俊:自律移動するロボットの人間に対して邪魔さ感を与えない距離, 日本建築学会計画系論文集,75(651),pp.1133-1139,2010
- [3] 吉岡陽介,高橋正樹,渡辺秀俊,遠田敦,佐野友紀,林田和人:誘導ロボットに対する人間の追従行動,日本建築学会計画系論文集,75(652),pp.1399-1405,2010