

発光器をガイドとした自律移動ロボットの人間追従

Human following behavior of an autonomous mobile robot
using light-emitting device

南雲陽介 (筑波大) 正 大矢晃久 (科技団, さきがけ研究 21/筑波大)

Yousuke Nagumo, Univ. of Tsukuba
Akihisa Ohya, PRESTO, JST/Univ. of Tsukuba

The purpose of this study is to develop an autonomous mobile robot which can follow a human being. The robot with a camera looks at a human having a light-emitting device. The device consists of two LEDs. The robot can know the position of the human from the distance between two LEDs and the direction from the position of the LED on the captured image. Then the robot can follow the trajectory of the human. In this paper, the method and the result of a preriminary experiments are presented.

Key Words : autonomous mobile robot, light-emitting device, human following

1 はじめに

近年、移動ロボットの自律走行が実現されつつあり、いよいよその応用を考える段となってきた。本研究では「ロボットが移動すること自体で貢献ができること」を考え、人間が移動する際に人間と共に走行することにより、人間とのインタラクションを通じて生活支援するロボットの開発を目的とした。具体的な支援動作としては、道案内などの誘導や情報提供、伴走による散歩・警護などの精神的補助、重量物を運搬する追従による肉体的補助などが考えられる。本稿では、まず追従型の利用を対象とし、人間に追従走行可能なロボットを実現する試みについて報告する。

2 人間の位置の検出方法

ロボットが人間の位置を認識するための方法としては各種考えられるが、本研究ではまず人間に発光標識を持たせ、その標識の位置をロボットに搭載したカメラで検出する方法を用いることにした。

人間の位置を知らせるための発光標識には、LEDを二つ離して付けた細長い棒状のものを用いた。人間は、この標識を地面に対して垂直になるように持つ。ロボットがカメラでその標識を画像に取り込むと、この画像上での二つのLED間の画素数よりロボットから標識までの距離が、画像上でのLEDの左右方向の位置から標識の存在する方向を求めることができる。

ここで、よりロバストに画像中のLEDの位置を検出するために、発光標識を点滅させて、LEDが点灯している時と消灯している時の画像をそれぞれ取り込み、この二つの画像の差を取ることにした。これにより、発光標識以外のものは輝度値が0に近くなり、LEDだけが写った画像がとれるため、よりロバストに発光標識が検出できる。

ただし、画像の取り込みと発光標識の点滅は非同期なため、いつ点灯、消灯しているかを知ることはできない。そこで、次の方法を考案した。

まず、標識の点滅のタイミングを、画像のフレームレート1/30秒の倍の時間、つまり1/15秒間点灯し、1/15秒間消灯するようにする。このとき、連続した4枚のフレー

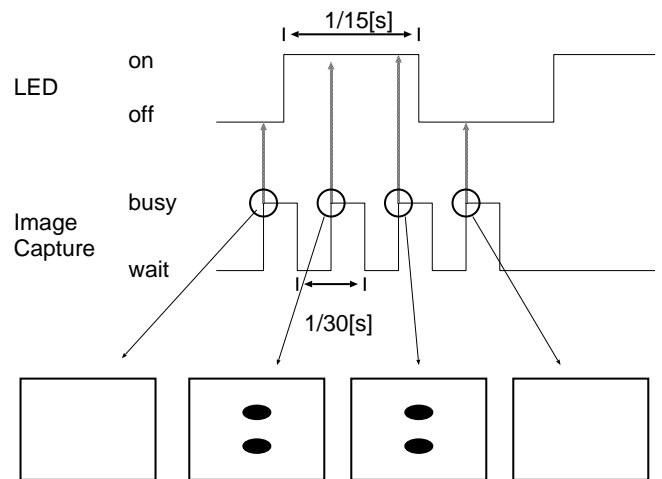


Fig. 1: Timing chart for periodically flash of LEDs and image capture.

ムの画像を取り込むと、図1に示したように少なくとも1枚は点灯している画像が、また少なくとも1枚は消灯している画像が確実に得られる。ここで、(1枚目 - 3枚目)、あるいは(2枚目 - 4枚目)のどちらかの良い方を用いれば、LEDだけをうまく抽出することが可能となる。

3 人間への追従方法

ロボットは、障害物等との衝突を未然に防ぐためにも、人間の通った軌跡上を追従走行することが望ましい。[1]この方法に基づく方法として、ロボットの追従行動には松本らによる先行ロボットへの追従動作法を用いた。[2]ロボットは、現在の発光標識の位置と前回記録した発光標識の位置から移動距離を計算する。そして、移動距離があらかじめ定められた距離間隔より長くなったときに、その位置を通過履歴として記録する。ロボットはこの通過履歴を順次読み込み、その点を通るように経路を決定する。また、ロボットの現在位置と標識の間に存在

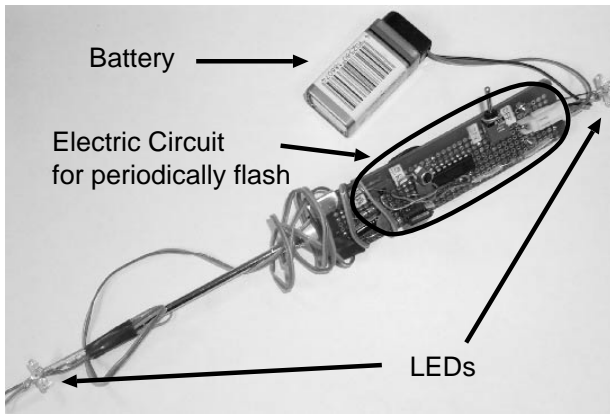


Fig. 2: Light-emitting device.

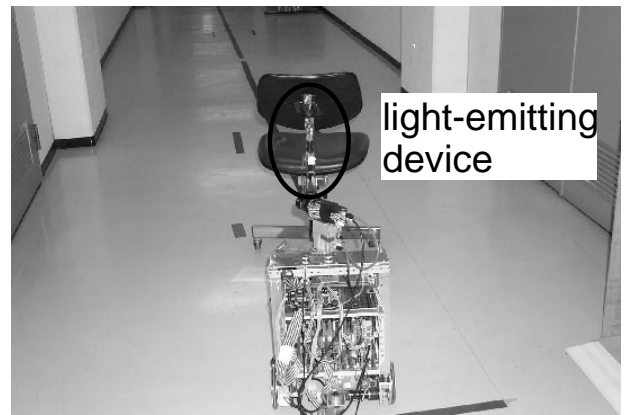


Fig. 3: Experimental environment.

する通過履歴の数により、ロボットの速度を決定する。これらにより、ロボットは人間の通った軌跡とほぼ同じ経路上を間隔を一定に保つように走行し、結果として追従動作が実現される。

4 実験システム

まず第一段階として対象を屋内に限定し、屋内用の移動ロボット上に本研究で必要な機能を搭載することによって実験システムを構築した。今回試作した発光標識を図2に示す。LEDは点滅させるため、目障りにならないよう赤外線のものを使用した。多少向きが変化しても光量が減少しないようにするため、4個のLEDを1箇所に集めて発光させることにした。また、移動ロボットベースには、筑波大学で開発された“山彦”を使用した。ロボット上部に1自由度(pan)の回転機構を持つCCDカメラを搭載した。なお、赤外光のLEDを用いたため、カメラには可視光カットフィルターを取り付けた。

5 追従検証実験

上記の方法により、筑波大学第三学郡内の廊下で追従走行の検証実験を行った。今回は発光標識を椅子に固定し、その椅子を決められた経路上を動かした。このときにロボットが記録した標識の通過点と発光標識の経路と比較する。実験環境を図3に、実験結果を図4に示す。この結果より、基本的な追従走行が実現できていることがわかる。

6 おわりに

本稿では、人間と共に行動するロボット開発の第一ステップとして、人間追従を行う方法について述べた。今後の課題としては、まず人間の位置検出法として、本方式のロボットの検証や標識が見えなくなった時への対処の他、レーザ距離センサと全方位視覚センサを併用した方法、超音波トランスポンダ(送受信器対)を用いた方

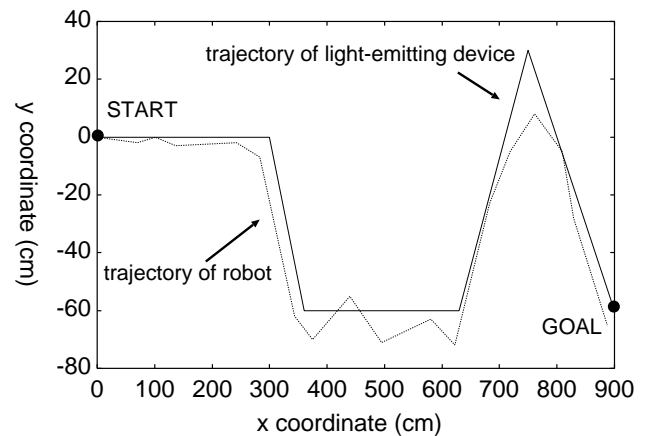


Fig. 4: Experimental result.

法等についても実験的に検討を行う予定である。さらに、人間とのインタラクションのための双方向の音声コミュニケーション機能、人間の意図理解と情報提供機能等を追加していき、人間と共に移動することが可能な「賢い」ロボットを構築した後、最終的には人間とのインタラクションとロボット知能の関係についても明らかにしていきたい。

参考文献

- [1] M. Sato, K. Kosuge: “Handling of Object by Mobile Manipulator in Cooperation with Human Using Object Trajectory Following Method”, IROS2000, pp. 541-546
- [2] 松本他: “GPSによる相対位置計測にもとづく複数自立移動体の屋外ナビゲーション”, Robomec'99, 1P2-40-049