

運搬ロボットの自動走行システムの改良

室巻孝郎¹・益戸直也²・高木太郎³

要旨: 本稿では、倉庫内作業において荷物搬送を自動化するシステムの構成要素である自動走行システムの改良に関する取り組みについて述べる。開発中の自動走行システムではライントレース方式を採用しているが、周囲の環境変化による影響を受けることにより、ロボットがラインを逸脱することが問題となっている。この点を改善するため、(i) ラインテープの見直し、(ii) センサ構成の見直しを行った。ミニチュアの実験機を作製して走行試験を行い、9割程度の成功率を収めた。

キーワード: 荷物搬送、ライントレース、照度、Arduino

1. はじめに

近年、工場の自動化¹⁾(FA: Factory Automation)は言うまでもなく、農業²⁾、建設業³⁾、医療現場⁴⁾、運送業などの分野でロボットの導入が進められている。このようなロボットの導入や自動化は、低コスト化は勿論のこと、作業者の負担軽減対策や労働人口減少⁵⁾に伴う労働力の確保も背景に存在する。これらの産業により生産されたモノを流通させるために、必要となることがモノの輸送である。しかしながら、最後にモノの配送を担う末端の配送所においては、このような自動化が進んでいない現状がある。末端の配送所では人の手による荷物の仕分け・運搬作業が行われているが、労働力の確保も難しく、昼夜を問わず重量の重いものも取り扱うことから、作業員に対する大きな負担となっている。そこで、末端の配送所においても労働力確保やサービス品質の均一化を目的として、ロボットの導入が望まれている。

このような背景のもと、末端の配送所で使用されることを想定した、固定設備に依らない、荷物の仕分け・運搬を自動で行うことができるシステムの構築を進めている。開発中の自動荷物搬送システムは2つのシステムで構成される。1つは、所定の位置へ荷物の搬送を行う運搬ロボットであり、もう1つは荷物の大きさを測定したのち、運搬ロボットへ荷物の受け渡しを行うテーブル部である。テーブル部は、これまでに試作機を作製し、性能評価を実施している⁶⁾。一方、運搬ロボットについては、試作機を作製して走行試験を行ったところ、走行中にコースを逸脱するという問題が発生していた。

本稿では、ミニチュアモデルの実験機を製作し、コース逸脱の原因調査を行ったので報告する。また、明らかになった問題点に対して講じた、コースの見直しやセンサ装置の構成に関する対策についても紹介する。

2. 荷物搬送システムの構成と運搬ロボット

運搬作業を自動化する荷物搬送システムをFig. 1に示す。このシステムは、荷物の位置や大きさを把握するテーブル部と荷物の運搬を行う運搬ロボットから構成されている。なお、図中のA, B, Cは荷物の積み下ろしを行う場所を表わしている。このシステムにおける作業の流れは以下の通りである。

- ① 集積ボックスから取り出した荷物を、テーブルの上に置く。
- ② センサ装置で荷物の認識と測定を行い、運搬ロボットへと受け渡す。
- ③ 所定の位置まで運搬ロボットが移動し、荷物の積み下ろしを行う。

次に、各システムの構成と役割について説明する。テーブル部では荷物の認識と受け渡しを行う。設置したセンサ装置によりテーブル上の物体を認識し、位置と大きさを取得したのち、押し出しバーにより荷物を押し出す。運搬ロボットは、地面に引かれたライン上を移動し、テーブル部から荷物を受け取り、所定の場所まで移動、荷物の積み下ろしを行う。荷物を積み下ろすと、再びテーブル部前へと移動する。

開発した運搬ロボットをFig. 2に示す。昇降機構と荷物の押し出し機構を備えており、本体の前方下部に取り付けた光センサによりライントレースを行う。また、テーブル部や積み下ろし位置の把握についても光センサで判断する。Fig. 3は、ライントレースの走行実験用に製作したミニチュアスケールモデルである。昇降機構や押し出し機構は実装してい

1) 舞鶴工業高等専門学校 機械工学科 講師

2) 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 学生

3) 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 助教

ない。光センサの処理やモータの駆動制御にはArduinoを使用している。各ロボットの寸法についてTable 1に示す。

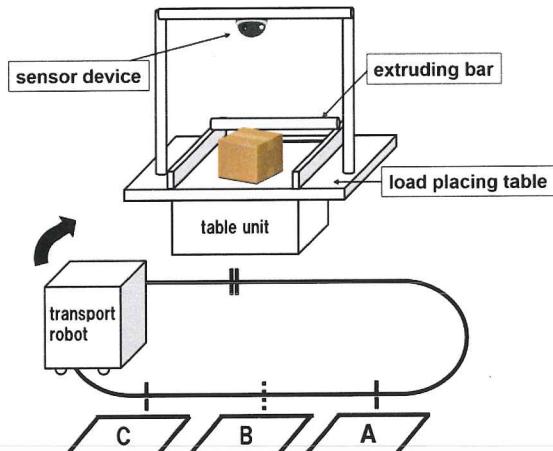


Fig. 1 Automatic carriage system



Fig. 2 Transport robot

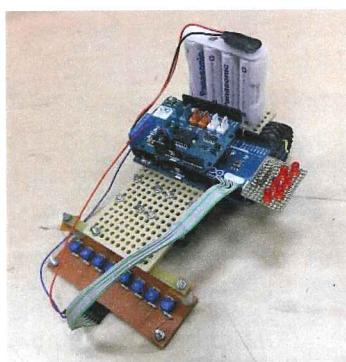


Fig. 3 Miniature model of transport robot

Table 1 Dimensions of each robot

	transport robot	miniature model
height [mm]	1350	100
width [mm]	600	110
length [mm]	1000	190

3. ライントレースにおける問題点と対策

3. 1 従来の方式とその問題点

運搬ロボットを自動走行させるためライントレース方式を採用している。地面に引かれたラインを、運搬ロボットに取り付けた光センサで認識して移動する仕組みになっている。これまで、白のビニールテープをラインとして使用し、事前に調整した閾値に基づいてラインをトレースしているか判断していた。しかしながら、従来の方法ではカーブにさしかかったあたりで運搬ロボットがラインを逸脱する事例が多発していた。以降の節では、ライントレース失敗の原因と対処法について述べる。

3. 2 ラインの状態の変化と照度のばらつき

ライントレースにおいて、ロボットがコースを逸脱する要因として以下の2項目がある。

(a) ラインの汚れ

(b) 床面照度のばらつき

ラインや地面の汚れについてFig. 4に示す。ラインには白のビニールテープを使用しているが、運搬ロボットの通過や人の往来によりテープが汚れ、光センサの誤認識を引き起こしている。また、末端の配達所では配送車や台車の往来があり、地面の汚れやキズも光センサの認識に影響を与えることが考えられる。もう一つの要因である照度のばらつきについて、コース周辺の床面照度を測定した結果をFig. 5に示す。照度の測定を行う際には、T&D CORPORATION 製の「TR-74Ui 照度・紫外線・温度・湿度データロガー」を使用した。陰になっている部分では照度が低くなっているおり、場所によって照度のばらつきが大きいことがわかる。このため、事前に設定した1つの閾値だけを使用してライントレースを行うことは困難であると言える。



Fig. 4 Dirt of a line and the ground

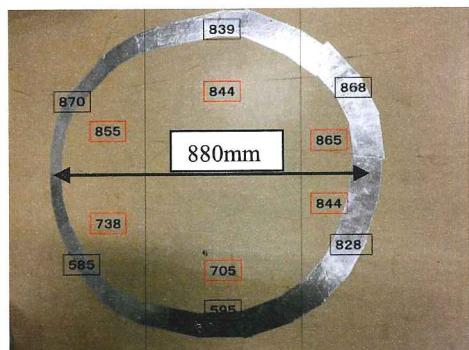


Fig. 5 Measurement result of illuminance

3. 3 自動走行システムの改良

前節で述べた問題点を解決するため、ラインテープおよびセンサ構成の見直しを行った。ラインテープについては、汚れにくいアルミテープを採用した。なお、Fig. 5 に示したコースはアルミテープを用いて作製している。コースや地面の汚れによるノイズ対策として冗長なセンサ構成を導入した。光センサの回路構成を Fig. 6 に示す。Fig. 6 の右側に示したセンサモジュールを Fig. 3 に示すように 8 個配置している。中央にある 4 つのセンサがアルミテープの幅に収まるように間隔を設定している。真中 2 つのセンサがラインの上に乗っているときは前進を行い、端の方にあるセンサがラインの上に乗ると、ロボットの姿勢を修正するように移動する。このとき、端の方にあるセンサが反応すれば、より大きく姿勢を修正するように設定している。なお、両端のセンサが反応した場合は、停止位置に到着したと判断して停止する。

照度のばらつきに対する対応策として、Fig. 7 に示すようにセンサを低い位置に取り付けた。地面ぎりぎりに設置し、外光をさえぎるように板で覆うことにより、光の加減の影響を小さくしている。

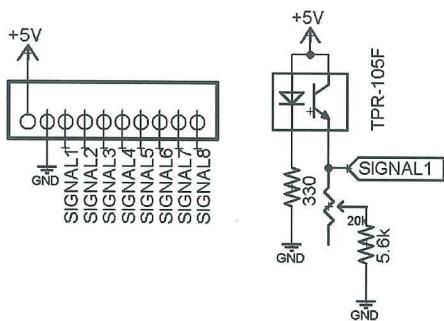


Fig. 6 Circuit diagram of sensor module

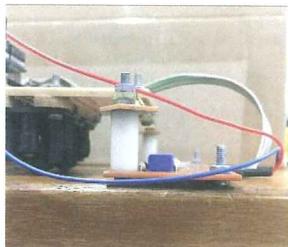


Fig. 7 Side view of sensor module

4. 検証実験

改良したミニチュアモデル (Fig. 3) を用いて、Fig. 5 のコースを 3 周する実験を行った。光センサの閾値については、事前に取得したデータ (Fig. 8) に基づいて 900 を設定した。実験を 10 回試行し、内 9 回は滞りなく 3 周することができた。このとき、3 周に要した平均時間は 58.6[s] であった。

3 周することができなかった試行では、3 周目の半分程度進んだところで脱線してしまった。この要因は Fig. 8 からもわかるように、反射量の局所的な減少が発生したことが考えられる。Fig. 8 の約 1~2[s] ではロボットがライン上にあるにもかかわらず、センサの判断ではロボットはライン上にいないこととなる。したがって、正常な動作をせずにライン上から逸れてしまったと考える。この局所的な反射量の減少は、データノイズや赤外線が光センサに真っ直ぐに入らなかったことが考えられる。この問題への対策として、ローパスフィルタを用いることとする。

以上の実験から得られた結果より、今後取り組むべき課題は主に 2 つあり、1 つは光センサの閾値設定の自動化であり、もう 1 つは滑らかな走行の実現である。

光センサの閾値設定については、事前に反射量データを取得し、目測により設定しているが、環境の変化に伴って手動で設定変更を行うことは、利便性の面から大きな欠点となる。そこで、走行開始時に周囲の反射量データを取得し、自動的に閾値を決定するシステムの導入が重要となる。

ラインの走行については、光センサが反応する度に姿勢を修正するプログラムとなっているため、実際に動かす場合に、左右への揺れが生じることが懸念される。このため、荷物を運搬する際に振動が発生し、安定した運搬作業に支障を来たす恐れがある。この問題に対しては、閾値からの偏差量に応じて姿勢を制御するプログラムへと変更することで、滑らかな走行が期待できる。なお、制御手法としては、産業系で最も使用されている PID 制御 (Fig. 9)⁷⁾ を予定している。

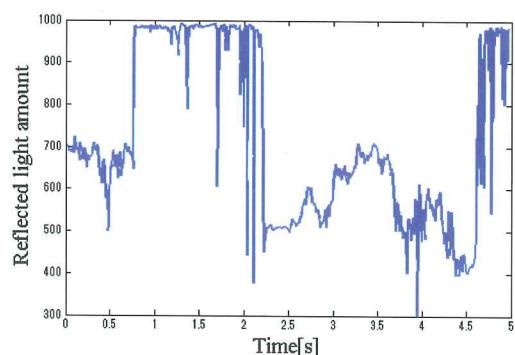


Fig. 8 Measurement history of reflected light

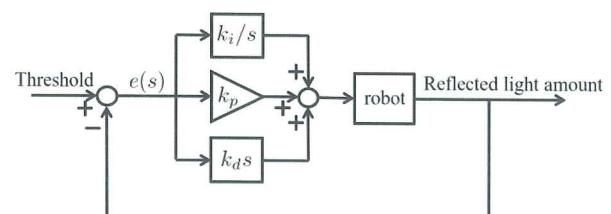


Fig. 9 PID controller for line trace system

5. おわりに

本研究では、運搬ロボットの自動走行システムの改良に取り組んだ。ライントレースに使用するラインの見直し（アルミテープの導入）とセンサ構成を見直すことにより、10回の試行中9回の成功を得た。

今後、光センサの閾値設定の自動化や、滑らかな走行を行うための制御系（たとえばPID制御）を導入することにより、実用的な自動搬送システムを実現することができる。

謝辞：本研究は平成28年度舞鶴工業高等専門学校機械工学科奨励研究経費の補助を受けて行われた。関係各位に謝意を表する。

参考文献 :

- 1) 神田雄一：生産システム～工場の自動化～，日本機械学会誌，107-1027, pp. 454-455, 2004.
- 2) 飯田訓久：農業ロボットとICT技術，システム制御情報学会誌，59-6, pp. 215-220, 2015.

- 3) 浅田寿士：建設機械のロボット化技術，システム制御情報学会誌，59-6, pp. 233-238, 2015.
- 4) 今井倫太, 高橋正樹, 森口智規, 岡田卓也, 奏雄一郎, 中野剛, 田中昌司, 下本英生, 堀俊夫：病院内ロボット搬送システムの開発, 日本ロボット学会誌, 27-10, pp. 1101-1104, 2009.
- 5) 三輪憲次：人口減少下での労働力確保の展望，日本福祉大学経済論集，35, pp. 31-36, 2007.
- 6) 小畠智輝, 多田幸生, 室巻孝郎：画像処理技術を利用する荷物搬送システムの開発, 第59回システム制御情報学会研究発表講演会(SCI'15), 145-1, pp.1-6, 2015.
- 7) 井上和夫, 川田昌克, 西岡勝博：MATLAB/Simulinkによるわかりやすい制御工学, 森北出版, 2001.

(2016. 12. 16 受付)

IMPROVEMENT OF LINE TRACE SYSTEM OF AUTOMATIC TRANSPORT ROBOT

Takao MUROMAKI, Naoya MASUDO and Taro TAKAGI

ABSTRACT : In this paper, we describe an approach to improve the automatic carriage system which is a component of automation of parcel transportation in warehouse work. In the automatic carriage system under development, the line trace method is adopted. However, the current system has a problem that the line trace robot deviates from the line due to the influence of surrounding environmental changes. In order to improve this point, we reviewed (i) the material of line tape and (ii) the configuration of sensing device. We made a miniature experimental robot and carry out a running test. As a result of the test, the improved system has about 90% success rate.

Key Words : Parcel carriage, Line trace, Illuminance, Arduino