

実世界クロールリング：行動型センシングによる RFID 情報の網羅的収集

紅山史子¹

水野善弘²

守屋俊夫¹

Real World Crawler for RFID Information Gathering

Fumiko Beniyama

Yoshihiro Mizuno

Toshio Moriya

1. はじめに

我々は実世界と密接に連携した IT サービスの実現を目指し、知能と行動力を持つセンサが空間内の様々な情報を Web クローラのように網羅・探索的に収集し、これを統合することで空間を徹底的に把握しようとする「実世界クロールリング」のコンセプトを提唱している。

本コンセプトを具現化する一例として、倉庫や工場に広域にわたって存在する商品や部品等の ID タグ情報を自動的に読み取る ID 情報収集ロボットが考えられる。RFID リーダを自律的に動かし能動的なセンシングを行うことで、どこに存在し、またどこにタグが貼られているかわからない多数の物品を対象に、その ID 情報と位置情報を網羅的に把握可能とする。

本稿では、その技術的実現性の検証を目的としたプロトシステムを、我々が既に開発したインフラレス自律移動機能をベースに試作したので、これについて報告する。

2. システムの概要

2.1 全体の構成

本全体機能を実現するためには、RFID リーダによるタグ読み取り機能に加え、フロア内を大域的に自由に動き回るための移動機構と自律移動制御機能、RFID リーダを対象物に沿って動かすための移動機能と空間認識機能等が必要となる。各要素機能を組み合わせ、棚卸等の作業を自動的に実施できる ID 情報収集ロボットとして実装する。

2.2 ID 情報収集ロボットのハードウェア構成

4 輪の移動機構に、リニアステージ、レーザ距離センサ、ノート PC を搭載する。リニアステージは垂直方向にスライダが動くように設置し、またこのスライダには、独自に開発した水平方向 3 つの自由度を持つロボットアームを固定する。アーム先端には小型レーザ距離センサならびに RFID リーダを設置する。

移動機構に搭載したレーザ距離センサは、ある高さの水平面における各方向の障害物までの距離を高精度で測定できるもので、ロボットが自律移動を行うための環境認識（自己位置標定）に用いる。角度分解能 0.5° 、最大測定距離 16m のモードで使用した。

一方、アーム先端に設置した小型レーザ距離センサは、前記のセンサと同様にある水平面における各方向の物体までの距離を測定できるもので、RFID リーダを物品の形状に合わせて移動させるための空間認識に用いる。前記の距離センサに比べ最大測定距離が 4m になるなど性能が劣るが、RFID リーダを測定対象物に衝突しないように動かす目的には十分である。

RFID リーダの選択に関しては、測定距離が長いものを用いると離れた場所からの読み取りが可能になる一方、タグ位置の特定や複数タグの分別が困難になってしまったり、装置（アンテナ）が大きくなってしまいう問題が生じる。そこで本研究においては 10cm から 20cm 程度の距離で読み取り可能な周波数帯 2.45GHz の小型のもの（大きさ 10cm 角程度）を使用することとした。

搭載されたノート PC は、各センサのインタフェース、自律移動のための環境認識、移動機構制御、リニアステージならびにロボットアーム制御のすべての処理を行う。

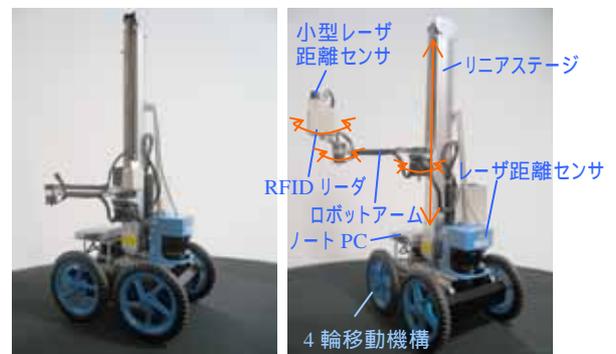


図1 装置概観

3. ID 情報収集ロボットの制御方法

3.1 ロボット全体の自律移動制御

広域にわたり存在する RFID タグを動的に読み取るためには、部屋の幾何状況を把握し任意に設定された経路に沿って自由に移動する機能が必要となる。このような自律移動を実現する方法として、無線を用いる方法や床に埋め込まれた RFID を位置標定に用いる方法などがあるが [1][2]、本研究では我々が別途開発したインフラレス自律移動機能を用いることとした。これは、環境マップと距離センサデータとの照合により自分の位置と姿勢を逐次推

¹ (株)日立製作所 基礎研究所
Advanced Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

² (株)日立製作所 システム開発研究所
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

定することで経路に沿った移動制御を行うもので(図2)環境側に位置同定のための機器や仕組みを一切敷設する必要が無い場合、倉庫や工場など、人が作業するそのままの状態で作動させることができる特徴をもつ。相対位置認識精度は我々の実験環境で平均誤差 5cm 以下である。またここで用いる環境マップは、SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) の考え方にに基づき、本ロボットシステムを用いて生成することができるため、導入および運用のための準備は極めて容易である。

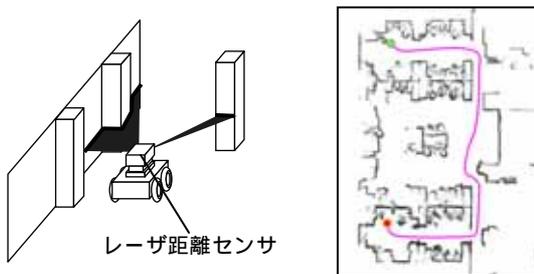


図2 インフラレス自律移動のためのレーザー距離センサによるセンシング方法と環境マップの例

3.2 RFID リーダの移動制御

読み取り対象物付近にロボットが移動すると、ロボットは一端そこで停止し、搭載されたリニアステージおよびロボットアームにより RFID リーダの細かい位置移動制御を行う。ここでは箱の表面から 15cm 以内の距離を保ち、さらに箱に衝突しない動きが要求される。よってまず、アーム先端に取り付けた小型レーザーセンサを動かすことでアーム可動領域内の距離データをくまなく収集し、空間状況情報として統合する。この情報に基づき、リニアステージの垂直方向 1 自由度とアームの水平 3 自由度の合計 4 つの移動自由度を用いて、RFID リーダを箱の表面の凹凸に沿って動かすことで、目的のセンシングが実現される。

図3に棚上に重ねて並べられた様々な形状の箱の表面形状を認識した結果を示す。センサの特性から、対象物の色の違いなどによって最大 5cm 程度の誤差が発生するが、アームを箱の表面から 10cm の距離になるように制御することで、距離 15cm 以下かつ箱に衝突しない RFID リーダの動きが実現されることを確認した。

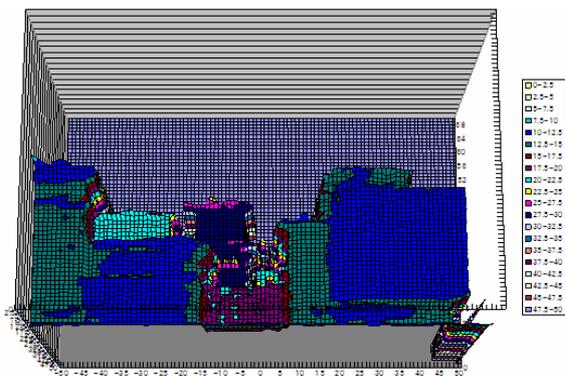


図3 アーム可動領域の空間認識結果例

3.3 棚卸システムとの連携

棚卸の自動化を想定し、本システムを ID ベースの棚卸管理システムと連携させた。存在しているべき物品の ID 情報と付随情報が管理システム内の DB にすべて登録されているものとし、本情報収集ロボットで ID 情報を読み取る毎にこの DB を参照し、存在の確認と位置の記録を行う。手入力を前提とした従来システムに対し、新たな機能を追加することなく連携動作できることを確認した(図4)。ID 情報収集ロボットを用いた棚卸業務の自動化は、手作業に比べ省力化や正確性向上に加え、ID タグ位置を数 cm オーダで自動的に得られる長所を持っており、網羅・探索的収集機能の適用先として大きく期待される分野の一つであると考えている。

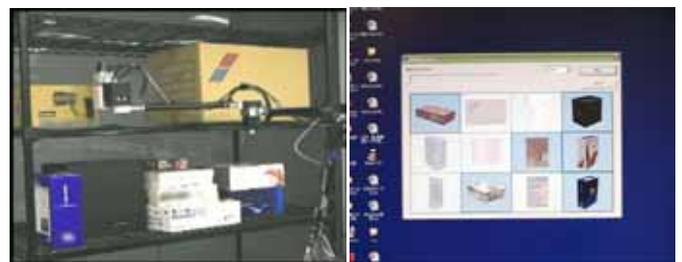


図4 センシングの様子と棚卸 UI の例

4. まとめ

自律移動ロボットに、アーム機構による RFID リーダの移動制御機能と 3 次元認識機能を付加することで、ロボットが物に近づき、さらに物の形状に沿って RFID リーダを動かすセンサ能動化機能を実現、どこに存在するかわからない ID タグ情報の網羅的収集を可能にした。倉庫や工場など環境側には一切手を加えることなく、人が作業するそのままの環境で動作可能なことが大きな特徴である。

プロトシステムの試作により、対象物に対し距離 15cm 以下かつ衝突しない RFID リーダの位置制御が実現できること、さらにそのような移動制御によって、20cm 以上の間隔で置かれた RFID タグ情報の完全な(読み落とし率 0%)認識と位置認識が実現されていることを確認した。

5. 謝辞

本プロトシステムの開発にご協力いただいた、(株)日立システムアンドサービス若原彰伸氏、(有)ザクスス岩原誠氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Abhishek Patil, Jonathan Mufelson, David Wood and Alan Cole, "BlueBot: Asset Tracking via Robotic Location Crawling", Proceedings of International Conference on Pervasive Services, 2005.
- [2] 那須洋之, 富井尚志, "概念共有環境 CONSENT におけるエージェントを用いた物体探索による現実操作状態更新手法," 情報処理学会研究報告, 2006-DBS-140 (II), 2006.