

ガイドレス無人搬送システムの開発

電子情報科 主任研究員 堀 江 貴 雄

電子情報科 科 長 指 方 顕

協和機電工業株式会社 事業開発部電子技術プロジェクト グループ長 酒 井 寿美雄

無人搬送技術は生産現場を中心に広く普及しているが、これらの多くはレールの敷設など大掛かりなインフラ整備を必要としている。これら従来型の搬送技術は大量生産を目的とする大規模工場では使われてきたが、県内の中小規模工場では多品種少量生産型の事業が多いことから生産ラインが頻繁に変更されるため、導入が困難であった。本研究では平成21年度から平成23年度にかけて実施した経常研究「環境変動に対応した移動システムの開発」において開発したガイドレス無人搬送システムをベースに、①3D認識&位置センサシステム、②自動積み下ろし機構、③非接触充電システムの3つを開発する。平成24年度は各項目について1次試作を行い、基本的な動作検証を行った。

1. 緒言

無人搬送車(AGV)は生産現場を中心として広く普及している。一般にレール軌道を敷設し、その上を走行させる方式、ガイド用のマグネットを床面に貼りつけ、センサで読み取り追従させる方式等が広く使われてきた。また適用される現場は主に大量生産を行なう大規模工場であり、専用走行レーンの特定の経路を往復する、または周回することが基本であった。

一方、県内中小工場や倉庫などの現場は多品種少量生産が多く、頻繁に生産ラインレイアウトが変更される。またスペース上の制約から専用の走行レーンを設置することは困難である。

海外の開発例として、2004年から米国国防高等研究計画局(DARPA)による無人自動車レースが開催され、2007年には市街地を模擬したコースを、GPS、レーザーレンジファインダ、ステレオビデオカメラ等のセンサ情報をワークステーションでリアルタイム処理し、信号などの交通法規と他車両を自律回避しながら走行する移動ロボットが実現されている。日本国内においては、2007年から自律ロボットによる屋外走行競技であるつくばチャレンジが毎年開催されている。この競技ではロボットにGPS、レーザーレンジファインダ、カメラ等の各種センサを搭載し、観客を含めた周辺環境に一切手を加えず自律移動させることを目標としており、実際の公園内道路を自律移動するなどの成果を挙げている^{[1][2]}。

そこで本研究ではこれら近年注目されているロボット技術を導入した中小規模工場向け自律移動システムを開発する。工場内での車両位置センサとして、レーザー式ポジショニングセンサ、障害物検出用として

レーザーレンジファインダを利用し、これらの情報を複合的に用いることで、目標地点へ、途中の障害物を回避しつつ移動するシステムを開発する。

平成21年度から平成23年度にかけ、著者らはレーザー式ポジショニングセンサとレーザーレンジファインダを利用した移動システムを開発し、さらに実用化を図るため、県内酒造メーカ出荷倉庫や、事務所内での移動実験、県内外メーカでのデモンストレーション及びニーズ聞き取り調査を実施してきた^[3]。事業化を推進するためさらなる低コスト化と付加機能の充実を目指し本研究では、①低価格3D認識位置センサシステム、②自動積み下ろし機構、③非接触充電システム、の3つの技術シーズを開発する。平成24年度はこれら3つの課題について試作をおこなった。

2. レーザー位置センサシステム

これまで工業技術センターで試作した車両では海外製のレーザー式ポジショニングセンサを使用していたが、コストが高いことが課題となっている。本研究では国産の低価格レーザーレンジファインダを利用し、独自の位置検出プログラムを開発することで位置センサシステムを実現することとした。

2.1 センサおよび雲台

用いたレーザーレンジファインダは検出範囲が270度であるため、そのままでは後方の90度範囲が死角となる。リフレクタを用いた位置検出システムでは、常に3個以上のリフレクタが検出される必要があるため、リフレクタマップを生成する際に、多数配置する対応策が考えられる。しかしながら、実際の現場環境では、

位置によってセンサ後方の位置にしかリフレクタが設置できない状況がしばしば存在する。そこで本研究では、レーザーレンジファインダを水平、上下に首振り可能とする自動雲台上に設置し、360度方向のリフレクタ検出に対応することとした。試作したセンサシステム外観を図1に示す。また諸元を表1に示す。



図1 レーザー位置センサシステム

表1 レーザー位置センサシステム諸元

寸法	100(L)×165(W)×320(H)
センサ検出角度	270度
水平首振り範囲	-180度~+180度
上下首振り範囲	-30度~+30度
データ更新頻度	40Hz
位置更新頻度	~8Hz(Core2Duo 2.0GHz 使用時)
センサ通信方式	TCP/IP
雲台通信方式	RS232C
プログラム言語	C#

2.2 位置検出アルゴリズム

使用するレーザーレンジファインダの測定原理はTOF(Time of Flight)方式、検出範囲は270度、検出分解角度0.25度、探知距離30mとなっている。また同時に各測定ポイントでの物体からのレーザー反射強度を取得可能である。さらに一度のレーザー照射に対し、複数回の反射データを取得することも可能であり、これらのデータを利用してガラスや雨などの誤検出除去に利用できる。

本システムでは白ケント紙を用いた検出距離と反射強度の関係式を求め、検出距離から推定した反射強度よりも一定割合以上の反射強度を示す物体をリフレクタ候補データとしている。このままではガラス等の透明物体などを誤検出してしまふことから、さらに複数回の反射が確認できた個所はガラス等の透明物体と判定し、リフレクタ候補から除去する処理を行っている。

フィルター処理を施すことでリフレクタをX,Yからなる座標データとして表現し、位置検出はこの座標データの照合によって行う。

あらかじめ環境中に配置したリフレクタ座標の集合をマップデータ、ある瞬間にレーザーレンジファインダで得られたリフレクタ座標の集合を検出データとする。まず両データともに、任意のリフレクタ座標を基準としたときの、他のリフレクタ座標までの距離と方向を計算し記録する。この計算を全リフレクタ座標を基準として計算し、その結果を距離方向データとする。得られたマップデータの距離方向データと、検出データの距離方向データを比較すると、マップデータ側と検出データ側のリフレクタの対応を求めることが可能である。すなわち、各リフレクタがうまく対応すれば距離方向データの相違は閾値以内となる。

対応が決定すれば、あとは平行移動量と回転角度を求めることで座標を推定することが可能である。以上のアルゴリズムを本研究ではC#言語で実装し、クラス化した(図2)。



図2 位置検出プログラム

3. 自動積み下ろし機構

省エネ、低コストのマテハンとして産業界では、近年からくり機構が応用されている。そこで本研究においても、なるべく高価なモータやセンサを用いない積み下ろし機構を開発することとした。今年度はその要素技術として安価な機構を試作した。

3.1 プーリー式ソレノイド機構

低価格のアクチュエータとして、ソレノイドがある。単純な構造のため低コストであるが、可動範囲が狭い欠点がある。そこで、ワイヤーとプーリーを用いた増幅機構により、動作範囲を拡大した。これにより、動作範囲を6倍にすることが可能となった。しかしながら、内部構造が複雑であるため、動作時の損失が大きく、最終出力が低下する問題が発生した。同時に製作コストが高いことから、より低コストかつ効率のよい手法を試みることにした。

3.2 リンク式ソレノイド機構

動作抵抗を減らすため、てこの原理で動作量を6倍にする機構を試作した。動作試験を実施したところ、最終出力も十分であり、製作コストも半分以下になることが確認できたため、本方式を採用することとした。

4. 非接触充電システム

充電ステーション外観を図3、充電ステーション諸元を表2に示す。

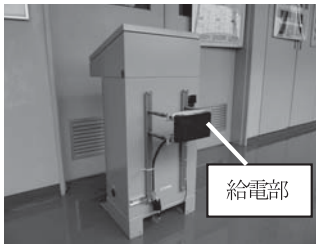


図3 充電ステーション 図4 非接触充電の様子

表2 充電ステーション諸元

寸法	900×400×400
電源	3相 200V
非接触給電能力	24V20A
非接触充電距離	最大 100mm
充電対応電池	専用リチウムポリマー電池
保護機能	過充電保護

牽引式ガイドレス無人搬送車のドッキングの様子を図4に示す。充電ステーション給電部と無人搬送車受電部を接近させることで非接触充電可能である。非接触充電モジュールの仕様から、給電部と受電部間が30mmのとき、およそ10Aの充電電流が確保できる。そこで本システムでは充電ステーションに30mmまで接近させるドッキングシーケンスを作成した。

無人搬送車は左右2軸差動方式を採用しているため、真横方向への移動は不可能である。ある程度接近した際に横方向へずれていた場合、特性上位置修正することが困難である。そこでドッキング時には充電ステーションから600mm離れた座標へ一旦向かい、その後給電プローブに正面からアプローチする制御を行っている。さらに200mm以内まで接近後はレーザ式位置センサの位置計測モードを静的な計測モードに切り替え厳密な計測をおこなう。これによって距離30mmまで接近し非接触充電可能となった。

5. 結 言

平成24年度は平成23年度までに試作した搬送車をベースとして、レーザ式位置センサシステム、自動積み下ろし機構、非接触充電システムについて要素技術を試作した。

これらの要素技術の評価と改良を引き続き実施していく予定である。またこれらの機能は高機能搬送システムやサービスロボットシステムの基盤技術として今後県内企業と製品化を検討していく。

参考文献

- [1] 「つくばチャレンジ」オーガナイズセッションレポート～実環境のチャレンジから見えてきたもの <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2008/01/17/859.html>
- [2] 坪内孝司, Yoichi MORALES, Alexander CARBALLO, 原祥亮, 油谷篤志, 城吉宏泰, 廣澤敦, 鈴木祐輔, Mehrez KRISTOU, 山口智也, 澤田有希子, 森川直樹, “つくばチャレンジ2008における筑波大学知能ロボット研究室「屋外組」の取組み”, 第9回SICEシステムインテグレーション部門講演会, 114-6, 2008
- [3] 堀江貴雄, 指方顕, 酒井寿美雄, “光学式位置センサを用いた小型無人搬送車の開発”, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会, 4G3-3, 2012