

環境変動に対応した移動システムの開発

	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	研究開発部門	グループ長	酒井 寿美雄
協和機電工業株式会社	研究開発部門		上田 訓之
マックスコーポレーション株式会社	システム技術開発部		小西 準哉
株式会社九州テン	事業推進課		池田 廣一
	九州工業大学	名誉教授	安部 憲広
	九州工業大学情報工学部機械情報工学科	准教授	田中 和明

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。そこで本研究ではレール敷設など大掛かりなインフラ整備を必要とせず、各種センサを複合的に用いて、周辺の人間を高速に認識し、衝突を回避しつつ移動する自律移動システムを開発する。平成22年度は、平成21年度に試作した小型搬送車要素技術を継承し、①荷物の積み下ろし作業の省力化、②長時間動作への対応、を目指し、小型牽引式搬送台車、充電ステーションを試作した。

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を遵守し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], [3]}。

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、周辺作業者の個別認識にICタグを利用し、これらの情報を複合的に用いることで、目標地点又は作業員へ、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。

特に平成22年度は平成21年度に試作した小型搬送車のハードウェア、制御プログラム、操作インタフェースを継承した小型牽引式搬送車と、充電ステーション、個別認識システムを試作したので報告する。

2. 平成21年度試作機の課題と対策案

平成21年度に試作した試作1号機を酒造メーカー出荷倉庫で走行実験を行い、ユーザーニーズを調査した結果、いくつかの課題が判明した。主な課題と対策について表1に示す。

課題は主に3つあげられる。第1に現場コンクリート路面が想定以上に凹凸があり、まれに大きなくぼみに駆動輪または自在キャスターがはまり込むと想定以上の負荷がモーターに加わることが判明した。そこで駆動輪径をφ110からφ150に大径化した。

第2に各搬送開始地点から搬送目標地点までの経路

を無人化しても、搬送終点で受取作業者がいなければ、荷物を誰かがおろすまで、搬送車は戻ることができず、したがってその間搬送作業を行うことができない問題がある。そこで荷物をのせた台車を牽引する方式を検討することとした。

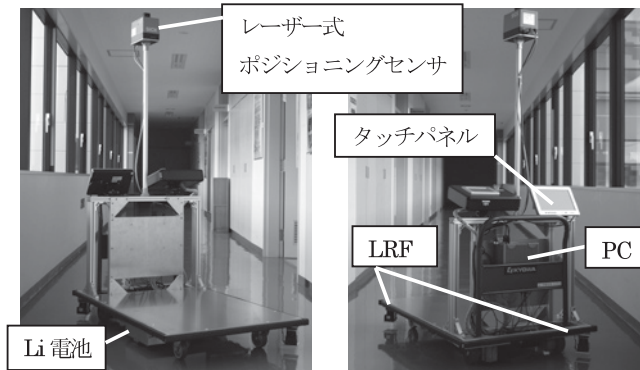


図1 H21 試作機（前） 図2 H21 試作機（後）

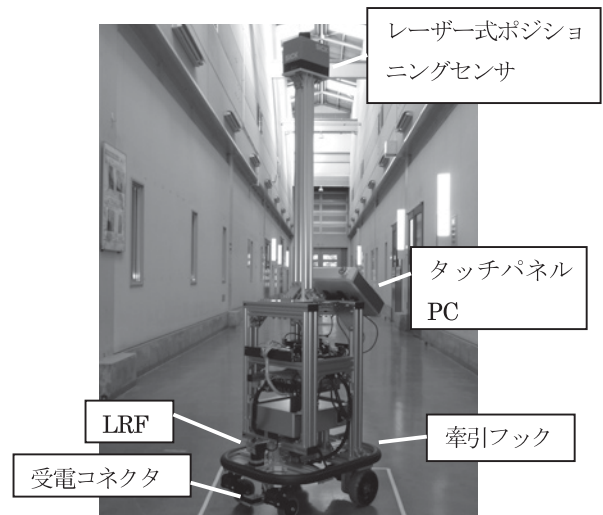


図3 H22 試作機

第3に長時間運用のニーズがある工場ではバッテリー交換を手動で行うよりも、自動充電を望んでいることが判明した。そこで電池残量が低下した場合には自動的に搬送車がドッキングし充電を行える充電ステーションを試作することとした。

表1 平成21年度試作機の課題と対策案

項目	課題	対策案
路面凹凸への対処	路面凹凸に駆動輪がはまり込む	駆動輪の大径化
積み下ろし作業省力化	荷物の積み下ろし自動化要望	牽引方式の試作
長時間運用	長時間運用時にバッテリー交換が大変	充電ステーションによる自動充電

3. 小型牽引式無人搬送車

試作した小型牽引式無人搬送車を図3、4に示す。また諸元を表2に示す。

基本的な要素部品は平成21年度試作機を継承している。荷台を排除し、障害物検出用のレーザーレンジファインダを前方1基のみとした。レーザーレンジファインダから照射されるレーザーを遮らないよう、車体一部を凹ませる設計としている。後部には牽引フックを取り付けており、平成23年度には自動的に着脱可能な自動牽引フックを搭載できるスペースを確保している。



図4 牽引時の様子

表2 小型牽引式無人搬送車諸元

車両寸法	650(L)×500(W)×1885(H)
牽引重量	200kg
位置センサ	レーザー式ポジショニングセンサ
障害物検出	レーザーレンジファインダ
操作方式	タッチパネル
電源	リチウム電池
充電方式	充電ステーションからの自動充電
駆動方式	AC サーボモータ 2軸

4. 充電ステーション

試作した充電ステーションと平成22年度試作機のドッキングの様子を図5に示す。充電ステーション下部には送電プローブが設けられており、このプローブは搬送車の受電コネクタと接続することで搬送車内部バッテリーに充電を行うことが可能である。

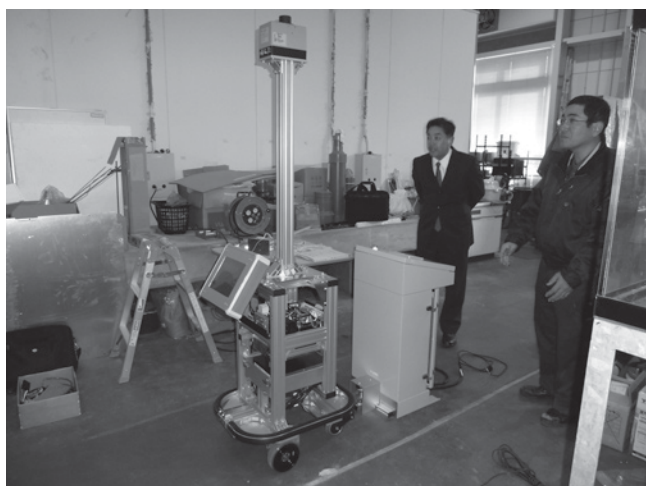


図5 充電ステーションと搬送車のドッキング

搬送車ドッキングの際には、搬送車の位置推定誤差や制御誤差が生じる。そこで送電プローブの基部に垂直方向、横方向および回転方向（yaw）の誤差を吸収可能な機構を実現した。

試作した小型牽引式無人搬送車と充電ステーションを用いて基本動作及び充電制御の検証を行ったところ、所定の性能を満たしていることを確認した。

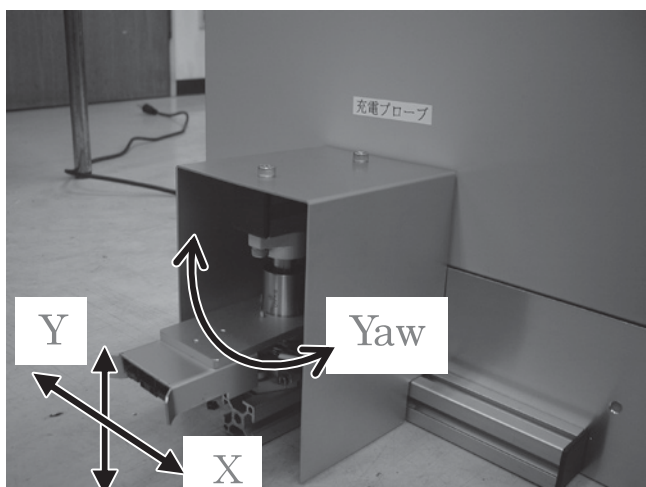


図6 充電ステーション送電プローブ

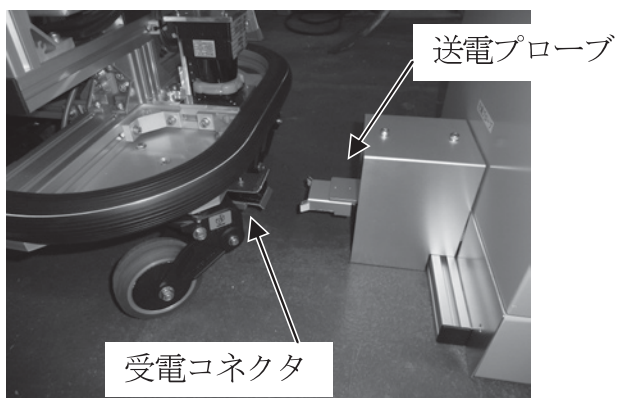


図7 送電プローブと受電コネクタ

表3 充電ステーション諸元

寸法	900×400×400
送電プローブ設置高さ	75mm 以下
誤差吸収量 (X)	±30mm
誤差吸収量 (Y)	±10mm
回転誤差吸収量 (Yaw)	±10 度
電源	AC100V
充電対応電池	専用リチウムポリマー電池
充電時間	120 分未満
保護機能	過充電保護

5. 結言

平成22年度は平成21年度に試作した搬送車をベースとして、小型牽引式搬送車と、長時間運用に対応した充電ステーションを試作した。試作した装置は所定の性能を満たしていることを確認することができた。

今後は個別認識システムを試作し、周辺ユーザーを認識し、特定ユーザーへの自動誘導機能を追加する予定である。また、荷物の自動積み下ろし自動化についても引き続き検討を重ねていく予定である。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てきたもの <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2008/01/17/859.html>
- [2] 栗田高裕, 安部憲広, 田中和明, “テンプレートマッチングを用いた環境認識による移動ロボットの制御”, 日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2N18, 2007
- [3] 坪内孝司, Yoichi MORALES, Alexander CARBALLO, 原祥堯, 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