

# 無人フォークリフトシステム

## Automated Forklift System

●小橋 喬 茂\* 溝 大 貴\*  
Takashige KOHASHI Taiki MIZO



定格荷重 (kg)	1090
定格速度 (km/h)	3.6
最大揚高 (mm)	4500
全長 (mm)	2355
全幅 (mm)	1268
全高 (mm)	2435
車体重量 (kg)	2650
最小旋回半径 (mm)	1745
実用直角積付通路幅 (mm)	2960

図1 無人フォークリフト外観と主要仕様  
Automated forklift exterior and specification

### 1 はじめに

住友重機械搬送システム株式会社では、スタッククレーンやマジックラック、RDRV(Roll Delivery and Retrieval Vehicle)、AGV (Automatic Guided Vehicle)、天井移載機など多くの自動搬送システムを納入してきた。特に2017年に上市したディーブストレージ式自動倉庫であるマジックラックは、従来のスタッククレーン式自動倉庫では困難であった高密度保管を実現し、顧客から高い評価を得ている。

マジックラックではパレットを用いて荷を保管しており、そのパレットはコンベヤまたは自律走行搬送ロボット(AMR: Autonomous Mobile Robot)がマジックラックまで搬送する。しかし、コンベヤは設備が固定化されていることから運用の柔軟性が課題であり、AMRは専用の置き台や、マジックラック上段の荷を搬送するための垂直搬送機が必要である。また、AGVはマグネット誘導であることからマグネットの埋込み工事が必要なものに加え、安全性や手動操作の複雑さなどが課題であった。これらの課題の解決に向けて住友重機械搬送システム株式会社は、長年培ってきた自動化のノウハウをもとに有人フォークリフトをベースとした無人フォークリフトを開発し、2024年に上市した。

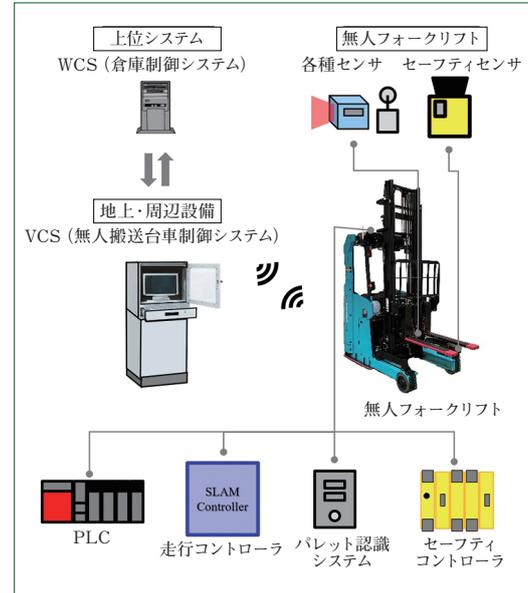


図2 無人フォークリフトのシステム構成図  
System configuration diagram

### 2 無人フォークリフトの概要

図1に、無人フォークリフトの外観と主要仕様を示す。新たに開発した無人フォークリフトは、有人リーチタイプフォークリフトをベースに開発した。自動化に関連する電気部品は、オーバーヘッドガードの上部や車体の側面部に設置されており、有人機の優れた操作性を残しつつ自動化を実現している。

図2に、システム構成を示す。無人フォークリフトの車体には走行コントローラ、パレット認識システム、セーフティコントローラ、各種センサおよびセーフティセンサが追加され、それらを統合するPLC(Programmable Logic Controller)を搭載している。地上設備には無人搬送台車制御システム(VCS: Vehicle Control System)があり、倉庫制御システム(WCS: Warehouse Control System)から送信される荷の搬送指示を複数の車体に振り分けて効率的に搬送する。またWCSがない小規模システムであってもVCS単独で運用が可能であり、設備導入費用の圧縮に貢献できる。

### 3 無人フォークリフトの特長

#### 3.1 SLAM誘導方式

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) とは、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術であり、AMRやロボットなどに活用されている。SLAMにはいくつかの種類があるが、無人フォークリフトには比較的精度が高く、計算量が少ない2次元光測距センサ2D-LiDAR(2D-Light Detection and Ranging)に加え、事前に走行マップを作成し周辺環境の

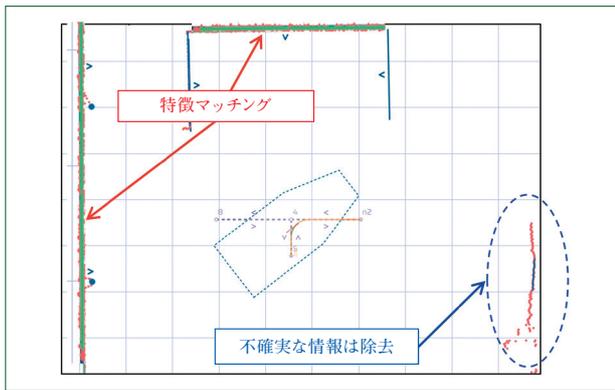


図3 2D-LiDAR SLAM 走行マップ  
2D-LiDAR SLAM map

特徴を設定することで不確実な情報を除外して自己位置を推定する方法を採用した(図3)。オーバーヘッドガード上に設置された2D-LiDARが壁またはリフレクタまでの距離を計測し、得られたデータから自己位置を推定することにより、AGVに必要であったマグネット埋込みなどの床面工事を不要とした。これにより搬送ルートの変更も容易になり、複雑な搬送経路や設備のレイアウト変更など、顧客の要望にも柔軟に対応することができる。

### 3.2 JIS D 6802 : 2022 準拠設計

住友重機械搬送システムの無人フォークリフトは、ほかの国内メーカーに先駆けて「JIS D 6802 : 2022 無人搬送車及び無人搬送車システム—安全要求事項及び検証」に準拠した。過去に開発した商用ロボットの知見に基づいた機能安全設計とリスクアセスメントにより、JIS規格で指定されたPLr(要求パフォーマンスレベル)を達成した。また、当JIS規格に記載されている人検知のための試験を実施し、有人作業場でも安全に荷を搬送することを確認した。

### 3.3 2D-LiDARを用いた点群処理システム

無人フォークリフトにおいて課題であった移載時のパレット検出、荷置き時の障害物検出、トラックなどの高さが変動する置き台への移載を解決すべく、2D-LiDARを用いた点群処理システムを新たに開発し搭載した。住友重機械搬送システム独自の低負荷な点群処理アルゴリズムを用いることで、小型で省電力な車載型PCでも十分な処理速度と精度を達成した。次にこのシステムの機能を紹介する。

#### 3.3.1 パレット検出・人置きパレット対応

荷の転倒や荷崩れを防ぐには、パレットとの接触検出やパレットそのものの検出が必要である。従来のパレット検出手法にはリミットスイッチや光電センサが用いられていたが、無人フォークリフトでは前述のとおり、2D-LiDARを用いて対応した。

パレット検出用の2D-LiDARをフォーク中央に設置し、出力された点群データを車載PCで処理することでパレットとフォークの干渉を判定している(図4)。さらに、パレットとの6自由度を演算することでパレットの位置を正確に把握し、人が置いた位置ずれしたパレットでも走行ルートを修正しながら鉛直に接近することで荷役できる。

#### 3.3.2 二重格納検出

荷置き位置にすでに荷があり、荷同士が干渉する状態を二

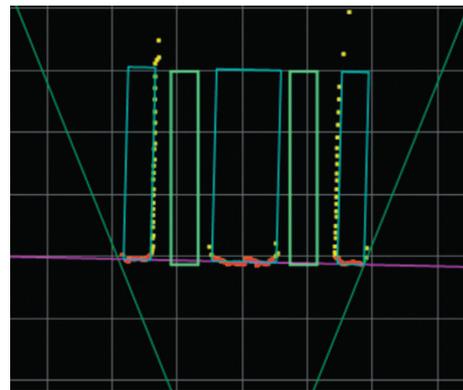


図4 パレット干渉判定  
Pallet interference determination

重格納と呼ぶ。従来は光電センサなどを用いて二重格納を検出していたが、検出できる荷物のサイズに制約があった。無人フォークリフトではパレットを持った状態でもパレットの下から前方の障害物を検出するので、パレット検出用の2D-LiDARを電動シリンダによって上下させる機構を実装した。2D-LiDARは面で検出することから死角が少なく、移載先ごとに検出範囲を変更し、周辺環境に応じた適切な検出範囲を設定できる。

### 3.4 自動充電機能

無人フォークリフトは自動充電機能を有しており、設定されたバッテリー残量を下回ると、自動で充電スタンドまで移動して充電する。またリチウムイオンバッテリーを搭載し、急速充電にも対応した。標準の鉛バッテリーでは充電に8~12時間が必要であることにに対し、リチウムイオンバッテリーではバッテリー残量が15%から100%になるまで1時間30分ほどで完了する。さらに短時間に繰り返し充電することや、継ぎ足し充電もできることから稼働率が大きく向上した。

## 4 おわりに

- (1) AMRやAGVにおける課題を解決すべく無人フォークリフトを開発した。
- (2) 本報では、無人フォークリフトシステムの特長として次の4つを説明した。
  - ① SLAM誘導方式を採用したことにより、柔軟なレイアウト変更に対応した。
  - ② JIS D 6802 : 2022に準拠した設計により、人車共存を実現した。
  - ③ 2D-LiDARを用いた点群処理システムを開発し、パレット検出および二重格納機能を実現した。
  - ④ リチウムイオンバッテリーを搭載し、自動充電と稼働率の向上を達成した。

今後は、トラックへのパレット積み下ろしや規格外パレット対応、安全性と速度の両立など、無人フォークリフトの機能をさらに拡張し、商品力を強化して顧客のニーズに応じていく。

※「マジックラック」は、住友重機械搬送システム株式会社の登録商標です。  
「RDRV」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。