

# 搬送サービスロボットシステム

Delivery Servicer Robot System

## 1. ま え が き

近年、EC(Electronic Commerce)の発展を背景にした搬送物の増加や人手不足によって、工場や倉庫等の環境を中心に、移動ロボットの活用が進んできた。また、人の多い病院や商業施設等での搬送、警備、清掃を行うサービスロボットの利用が拡大している。人の多い環境では、更に高い安全性と人とのインタラクションが求められる。三菱電機は音声・ライティング装置・タッチパネル等のHMI(Human Machine Interface)機器を備えたロボットのセンサによる自律走行に加えて、ロボットとそのHMI機器を制御する管制システムによって、更に安全な走行を実現する搬送サービスロボットシステムを開発した。

搬送ロボットは、搬送物を乗せるカート部分を脱着式にし、異なる種類の搬送物に対応でき、カート単体でも利用可能になるように設計することで、搬送作業の省力化にも貢献できる。管制システムは、複数ロボットの管理に加えて、エレベーターや入退室管理システム等の施設内設備と連携することで、単体のロボットでは実現が難しい縦横移動を含む搬送サービスを実現する。

## 2. システム構成

### 2.1 ハードウェア構成

図1は開発した試作ロボットのハードウェア構成を示している。ロボットは、基本的な走行を担う台車部、アプリ

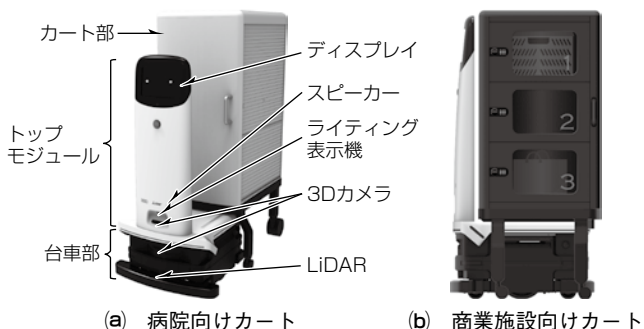


図1. 試作ロボットのハードウェア構成

ケーションのための機器を備えたトップモジュール、搬送物ごとに異なる形をしたカート部で構成している。走行のためのセンサはLiDAR(Light Detection And Ranging)と3Dカメラを備えている。あらかじめLiDARを用いて作成された地図を利用して自己位置を推定し、台車部、トップモジュールに複数配置した3Dカメラで、ロボット全周の障害物を検知しながら、基本的な自律走行は台車部で実行する。ディスプレイ部はロボットの状態を表情として表示するほか、利用者向けの表示・タッチ操作部としても利用される。また、スピーカー及びライティング表示機による音声や表示によって、利用者や周囲の人への注意喚起や情報提示を行う。

カート部は搬送物に応じたカートを脱着することが可能になっており、脱着部分にセンサを配置することで脱着状態の把握をして、カートの有無や種類に応じてロボットの走行特性を変えることを可能にしている。

ロボット以外には、ロボットを管理する管制システム、ロボットの呼出しや状態を把握するための端末(タブレット)によって、全体のハードウェアを構成している。

また、ロボットのカメラで映像を取得して管制システムで状況を記録し、必要に応じて映像を閲覧できる遠隔ドラレコ機能をオプションとして利用可能にした。

### 2.2 ソフトウェア構成

図2はソフトウェア構成を示している。台車部のソフトウェア、トップモジュールのソフトウェアはロボット内部では有線で、管制システムとは無線でそれぞれインターネットプロトコルを用いて接続する。アプリケーション層のプロトコルは、HTTP(HyperText Transfer Protocol)、

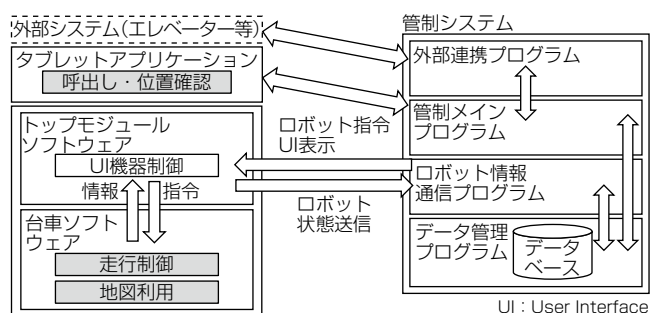


図2. ソフトウェア構成

MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)などを適宜利用している。

台車部のソフトウェアはROS(Robot Operating System)を用いて開発しており、作成した地図情報は、あらかじめ管制システム及びトップモジュールのソフトウェアと共有し、管制システムからの地点指定に基づいて走行する。台車部の位置情報と走行状態は定期的に管制システムにトップモジュール経由で送信する。管制システムはタブレットアプリケーションからの呼出しに対してロボットの行動計画を作成する。台車部は基本的には管制システムからの指示に基づき走行するが、冗長性確保の観点から、有線接続されたトップモジュールからの指示に対しても管制からの指示と同じ仕組みで動作可能にした。

トップモジュールのソフトウェアはアプリケーションごとにより切り替えられ、管制から送信される表示情報に基づいて、画面表示するほか、管理するスピーカーやライティング表示機を制御する。音声、及びライティングの表示内容は基本的には管制システムからの指示に基づくようにしてアプリケーションの動作を管制システムで一元管理するように設計した。

管制システムのソフトウェアはロボットの情報を定期的に受信し、ロボットへの命令を送信する“ロボット情報通信プログラム”、地点情報やアプリケーションの遷移、ロボットの状態などを保存するデータベースを備えて各種データ変換を行う“データ管理プログラム”、スケジューリングを中心とした管理をする“管制メインプログラム”、エレベーター等設備や外部ソフトウェアとの連携を行う“外部連携プログラム”で構成している。これらのソフトウェアの動作による制御については、3章で述べる。

### 3. 管制システムによる制御

2章で述べたように、管制システムはデータ管理ソフトウェアに保持された情報に基づき、全体のスケジューリングを行う機能を備える。ロボットの行動計画は、データ管理プログラムのデータベースに格納された地点と、地点に紐(ひも)づけられたアクション、スケジューリング時点での動的な状況に基づくルールで決定される。

アクションには、一時停止、待機、エレベーター呼出しなどの設備との連携、音声出力、表示、イメージセンサの特性変更などに加えて、速度、走行特性、機体サイズ等のROSパラメータの変更、及び地図情報の変更がある。ROSパラメータの変更によって、カート部の有無・種類に応じた走行に変化させることや、場所に応じた速度の変更などを実現した。図3は地図情報の変更の例を示しており、事前に作成・共有された地図に動的に変更を加え

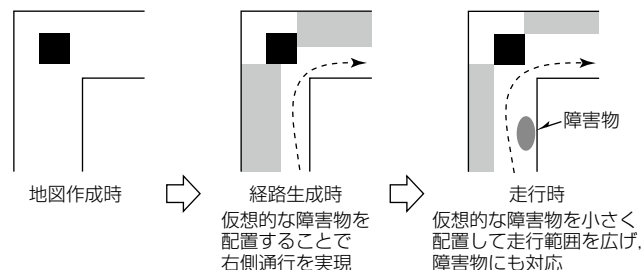


図3. 管制システムによる地図情報の変更

ることで、ある通路の片側通行や優先する通路での経路生成を行うことができ、これによって施設のルールに則した走行が可能になるほか、すれ違い、人の少ない場所を選択するなどのロボットの走行制御が可能になる。なお、このような走行制御を行うに当たっては、管制システムのデータベースの変更だけが必要であり、各ロボットのソフトウェアやデータの変更は必要ないことから、要望に応じたロボットの走行が容易に実現できる。また、これらのアクションは管制システムがロボットの行動計画を生成する際に用いて大域的なスケジューリングに反映させるだけでなく、任意のタイミングで行うことで、ロボット単体が局所的に用いるデータにも反映可能であるため、図3で示した例のように、“ロボットは基本的には右側通行を守る経路を想定しながら、障害物が置かれた場合には最小限左側を走行することを許す”などの柔軟な運用が可能になっている。

状況に基づくルールは、管制システムが全体スケジューリング時に動的な状況を反映させるための仕組みであり、動的な情報はロボットの状態と同様に2章に述べた“データ管理プログラム”で管理している。この仕組みによって、例えば、利用可能な複数の異なるロボットが存在する場合、ロボットの能力、充電状況、搬送距離・時間などに応じてロボットを選択すること等が可能になる。

このように、ロボット単体のセンシングに、さらに管制システムを加えることで、より安全な自律走行を実現した。

### 4. むすび

搬送サービスロボットシステムの構成、特長、及び実現に適用した技術について述べた。この搬送サービスロボットシステムは、多様化する搬送需要に対応するため脱着型のカート方式にしたこと、及び管制システムの制御によって、ロボット単体では実現が困難な設備連携や状況に応じたサービスの実現を目指すところに特長がある。

今後は需要の多い搬送物に対応したカートの拡充、連携可能な設備の拡大、既存のアプリケーションとの連携、現在は手動で行っているカート脱着の自動化等の機能拡張に加えて、屋外を走行するロボットへのシステムの拡大を行い、搬送サービスの省力化・効率化に貢献していく。