

自律搬送ロボット用低コストナビゲーションシステムの開発*

箱崎 義英**、長谷川 辰雄**

工場や倉庫などの屋内で利用する搬送ロボットにおいて、マーカによりロボットを制御することで、レイアウト変更や経路変更に対応可能なナビゲーションシステムについて開発を行ってきた。それにより、ロボットに搭載したカメラで視覚マーカを読み取り人工知能で認識し、自律走行できる方法を実現した。ここで、視覚マーカは、走行順を示す順番マーカと右折や左折等の走行動作を示す動作マーカで構成される。

キーワード：自律搬送ロボット、AI、ROS、画像認識、マーカ

Development of low-cost navigation system for autonomous mobile robot

HAKOZAKI Yoshihide, HASEGAWA Tatsuo

Key words : Autonomous Mobile Robot, AI, ROS, Image Recognition, Marker

1 緒言

工場内の物品を自動で運ぶ搬送ロボットの多くは、床面に貼り付けた磁気テープを検知して自動走行するが、工場のレイアウトや経路変更が発生する場合はその都度、磁気テープを貼り直す必要があり、その手間が課題となっている。また、通路に貼り付けていた磁気テープ上を歩行者や台車なども通過するため場所によって摩擦により磁気テープがはがれることもあり定期的にメンテナンスが必要となる。そこで、磁気テープを使わずに距離を測るレーザセンサとタイヤ回転の移動量を制御して自律走行するSLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 方式が注目されている^{1)~3)}。しかし、SLAM方式は、事前に手動でロボットを操作し走行経路の地図を作成する必要がある。

本研究では、ロボットに搭載したカメラで視覚マーカを読み取り人工知能 (AI:Artificial Intelligence) で認識することで、自律走行できる方法を提案する。本方法では、視覚マーカを貼り替えることでレイアウト変更に対応でき、従来のSLAM方式に比べて、自律走行のための準備時間を従来の2時間から30分程度まで短縮することが可能となる。

2 自律走行ロボット

2-1 ロボット本体

本研究で使用したロボットを図1に示す。サイズは、D500mm×W400mm×H800mmであり、ベースとなる車体にはメガローバーVer1.2 (ヴイストーン株式会社) を利用した。駆動方式は対向二輪型であり、可搬重量は40Kg、最高速度が0.63m/sとなっている。走行はモータ

ドライバへ並進速度と回転角速度の2つの指令を送信することにより行うものとなっている。また、モータ (車輪) の回転数によるオドメトリ (総走行距離) の取得も可能となっている。



図1 走行ロボット

2-2 システム構成

ロボットの自律走行を実現させるには、障害物検出や経路計画、走行制御等のさまざまな機能を実装する必要があるが、すべての機能を短期間で開発することは非常に困難である。そこで、本研究では、ロボット開発を支援するライブラリやツールを提供しているROS (Robot Operating System) を利用することにした。

本ロボットのシステム構成を図2に示す。本研究では、屋内での走行に限定し、利用するセンサは障害物検出に使用するレーザレンジファインダ (LRF) と、マーカ認識のためのカメラの最少の構成とした。カメラはMCM-

* 令和2年度 技術シーズ創生研究事業 プロジェクトステージ

** 電子情報システム部

320 (株式会社ガゾウ) を使用し、フレームレートは 30fps、画像サイズは 640×480 となっている。

ロボット制御は、Ubuntu16.04+ROS を搭載したノートパソコンで行い、メガローバーへの速度指令、各センサやジョイスティックからのデータは ROS のノードを介して ROS トピックとして送受信を行う。

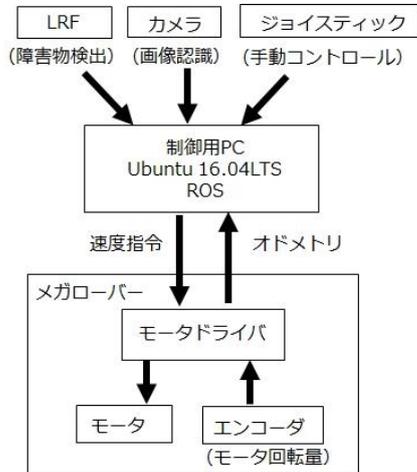


図2 システム構成

3 マーカによるナビゲーションシステム

本研究で提案するナビゲーションの概要を図3に示す。SLAM では地図を必要とするが、本提案方法ではロボットの基本動作を直進とし、右左折等の回転動作や停止などの特定動作を実行させる地点にマーカを設置することで走行ロボットを制御する。

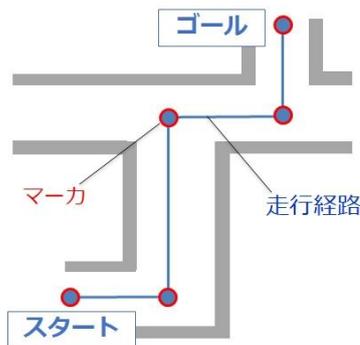


図3 提案手法 (マーカによるナビゲーション)

3-1 走行命令マーカ

床面に QR コードを貼り付け、その QR コードを読み取ることで搬送ロボットをナビゲーションする方法もあるが、本研究では、走行経路の変更時にマーカの設置が容易となるように、人が視認して判読可能となるマーカを使用する。ロボットの基本動作は直進走行とし、右折や左折等の直進以外の動作が必要な場所にマーカを設置するものである。図4に走行指令マーカを示す。走行指令マーカは、走行順を示す順番マーカとその地点で

のロボットの動作を示す動作マーカにより構成される。動作マーカは、矢印と数字の組み合わせで構成され、例えば、右矢印と 90 であれば、ロボットは右方向に 90 度回転する指令となり、上矢印と 2 であれば、2m 直進となる。また、上矢印 2 と右矢印 90 を上下 2 段で設置することで 2m 直進後に 90 度右折と二つの動作を実行させることも可能である。このように、レイアウト変更の時は、この数字と矢印で構成されるマーカを張り替えるだけの作業となる。

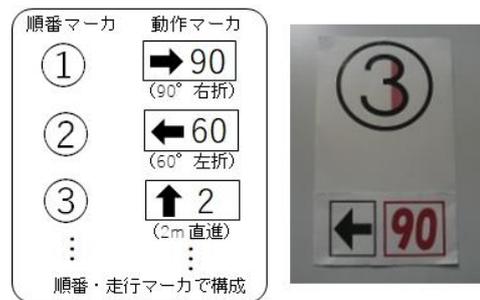


図4 走行指令マーカ

3-2 マーカ認識

ロボットには走行前方の広い範囲を撮影するため、広角のカメラを使用し、Darknet YOLO (AI ライブラリ) によりマーカを認識する。誤認識を少なくするためにはマーカは大きい方が有効であるが、廊下内に配置することを考慮し、A4 版の用紙内に順番マーカ及び動作マーカを配置できるサイズとした。また、マーカは、廊下に設置した際、人の通行時に障害とならないよう床面から高さ 2.1m の位置に設置することにした。カメラは高さ約 1m の位置に搭載されており、高低差により、カメラとマーカの距離が比較的に大きくなるため、カメラの画素 (640×480 画素) においてマーカの撮影に有効な画素は最大で 40×60 画素程度となった。カメラで撮影される全画素に対してマーカの画素サイズは非常に小さいことより認識率を高めるため、数字や矢印を○や□の枠で囲み特徴ある形状とした。

図5にマーカの認識実験の様子を示す。また、図6にロボットを走行させながらの認識結果を示す。本研究では、視覚マーカによる安定走行のため、命令実行の確定基準は、撮影される画像において矢印や数字の AI 認識率が 80%以上となる画像が 10 枚 (10fps) 以上とした。図6の横軸は時間を表しており、時間の経過とともにロボットがマーカに近づくためカメラ映像においてマーカ画素が大きくなっていくことになる。グラフの線が連続とならない箇所は、認識が連続でできない場合である。「矢印と 90」の画像サイズに対して、②の画像サイズは大きいいため認識率が良くなっているが、双方のマーカについて、カメラ映像が取得可能な位置において、目標となる認識率 80%以上で 10 枚以上を達成することが可能である。本実験では、取得した画像においてマーカが 30×

30 画素以上で 80%以上の認識率となる。マーカを認識している中で、認識が低下する場合があるが、振動などによりブレが発生し画像がぼやけるためである。特に、マーカの画素サイズが小さい場合、認識率に大きく影響を与える。

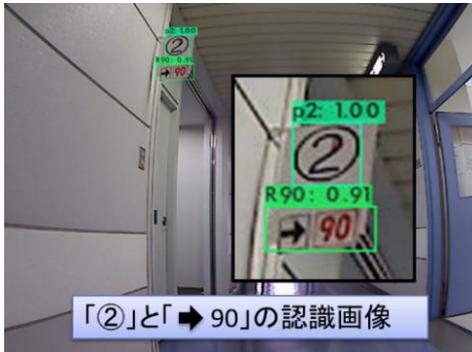


図5 マーカ認識実験

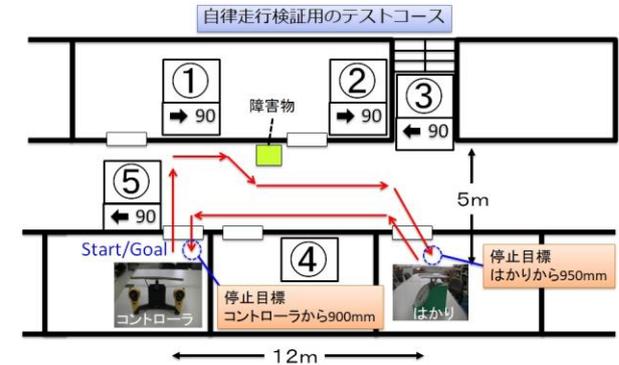


図7 走行実験コース

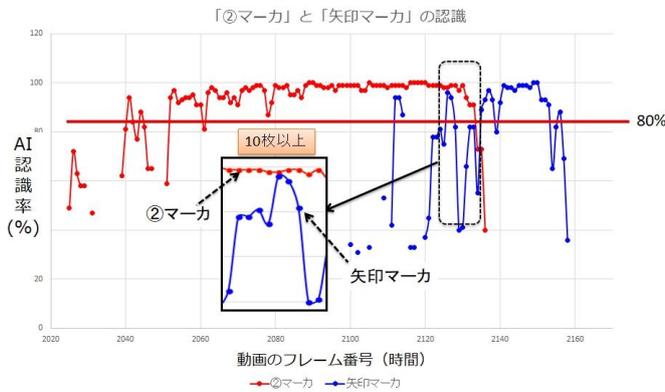


図6 マーカ認識結果

4 走行実験

当センターの建物内の部屋を移動する検証用のテストコースを図7に示す。コースは①～⑤番の順に走行し、中間地点に設置したはかりと、スタート・ゴール地点のコントローラを停止マーカとし20回繰り返し走行させ、停止位置の精度を検証した。

はかりやコントローラを走行指令マーカと同様に AI により認識させ、それぞれの物体に近づき、それら物体の AI による認識サイズがあらかじめ指定されたサイズと一致した位置で停止させるようにした。中間地点では、はかりから手前 950mm の位置を停止目標とした。終点では、コントローラから手前 900mm の位置を停止目標とした。停止後のユーターン動作や、障害物の回避動作はロボットに事前に組み込んでおり、障害物は LRF により検出している。なお、実験時の走行ロボットの速度は 0.27m/s (約 1km/h) である。

今回、人によるロボットへの荷物の載せ下ろしを想定し停止位置精度として±100mm 以内としている。図8にロボットの停止位置の測定結果を示す。どちらの場合で

も目標の停止位置に対して±100mm 以内を達成することができた。ロボットアーム等を使用し荷物を載せ下ろしさせる場合には、±10 mm程度の位置精度にする必要があるが、人が行う場合には、本提案方法でも十分に対応可能であることがわかった。

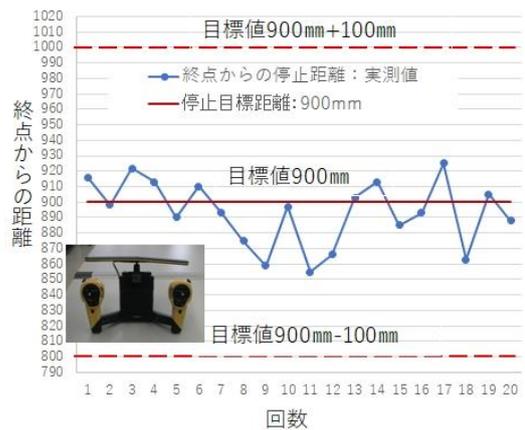
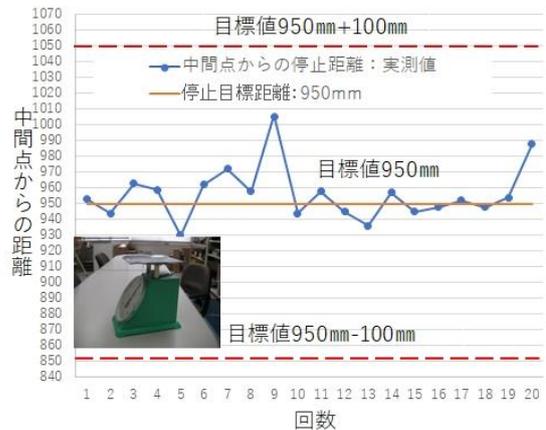


図8 停止位置精度

5 結 言

本研究では、ロボットに搭載したカメラで走行順を示す順番マーカとロボットの動作を示す動作マーカにより構成される視覚マーカを読み取り AI で認識することで、自律走行できる方法を提案した。視覚マーカは A4 版用紙サイズとし、床面から高さ 2.1m の位置に設置し走行

速度 0.27m/s (1km/h) において実験を行ったところ、視覚マーカを認識し、ロボットの走行制御が可能であることを確認できた。

本方法では、数字や文字を印刷した用紙を貼り替えることでレイアウト変更に対応でき、従来の SLAM 方式に比べて、自律走行のための準備時間を従来の 2 時間から 30 分程度まで短縮できることがわかった。

文 献

- 1) 森岡博史：人の多い混雑な環境下での SLAM による移動ロボットのナビゲーション、第 28 回日本ロボット学会学術講演会、1Q3-6、(2010)
- 2) 友納正裕：移動ロボットのための確率的な自己位置推定と地図構築、ロボット学会誌 vol.29、No.5、423-426、(2011)
- 3) 原祥堯：ROS を用いた自律走行、ロボット学会誌 vol.35、No.4、286-290、(2017)