

電動車椅子の車体とモータコントローラを用いた ROS の枠組みでの移動ロボットの開発

原 祥亮^{†1}, 大島 章^{†2}, 入江 清^{†1}, 吉田 智章^{†1}, 友納 正裕^{†1}

Development of a Mobile Robot Based on ROS Frameworks Using Wheelchair Chassis and Motor Controllers

*Yoshitaka HARA^{†1}, Akira OSHIMA^{†2}, Kiyoshi IRIE^{†1}, Tomoaki YOSHIDA^{†1}, Masahiro TOMONO^{†1}

Abstract— We developed a mobile robot using a wheelchair chassis and the motor controller. The mobility vehicle motor controller has high reliability and is capable of outputting high current and high torque. We have developed a communicator for the controller and integrated a robot system based on ROS frameworks. The robot was equipped with some sensors for autonomous navigation.

Keywords: Wheelchair Chassis, Mobility Vehicle Motor Controller, ROS, Autonomous Mobile Robot

1. 緒言

本稿では、電動車椅子をベース車両として活用し、高い走行能力を持つ移動ロボットを開発した事例について述べる。電動車椅子や電動フォークリフトなどでは、欧米のメーカーを中心にデファクトスタンダードとも言えるモータコントローラが使用されている。この電動車両モータコントローラは、大電流の出力による高トルクに対応し、高い信頼性を持つ。そこで我々は、当該モータコントローラを PC から制御可能とすることで移動ロボットを開発する方針を採用した。

また近年、ROS [1] が世界的に普及してきている。本稿では、前述の電動車両モータコントローラを ROS の枠組みで使えるように、システムを構築した。

本稿の貢献は、産業レベルで使用実績のあるモータコントローラを活用して移動ロボットを開発したことである。提案するシステムの構築方法は、移動ロボットを開発する方策のひとつとして有用だと考えている。

2. 移動ロボットのハードウェア設計

2.1 電動車椅子の車体とモータコントローラの活用

Fig. 1 に、電動車椅子の車体とモータコントローラを活用した移動ロボットの開発方針を示す。欧米メーカーの電動車椅子は、日本のものと比較して屋外環境での走行能力を重視した設計になっており、大電流・高トルクのモータコントローラとサスペンションを備えている。Curtiss-Wright Industrial Group の PG Drives Technology (PGDT) 製の 2 軸モータコントローラ [2] が使用されている場合が多い。本稿では、電動車椅子をベース車両とし、PGDT 製の VR2 モータコントローラを用いる。VR2 モータコントローラは、24 [V] 駆動にて、連続 80 [A]、最大 90 [A] の大電流出力による高トルクを実現している。VR2 モータコントローラの通信を PC と中継するコントローラを新規に開発することで、PC をホストとして制御可能なシステムを構築する。

2.2 中継コントローラ RRC の開発とシステム構成

VR2 モータコントローラは、ドライバ部であるパワーモジュールと、ジョイスティックモジュールで構成される。ジョ



Fig. 1 電動車椅子をベース車両とした移動ロボットの開発方針

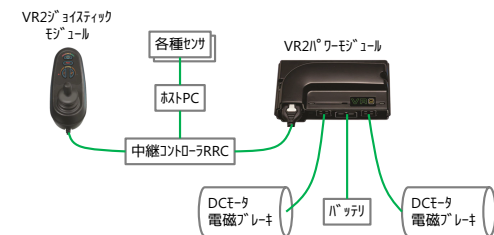


Fig. 2 中継コントローラ RRC を用いたシステム構成

イスティックモジュールからの車体制御の指令がパワーモジュールに通信され、左右の各モータを駆動する構成である。パワーモジュールとジョイスティックモジュールの間の通信に介入し、ホスト PC からの制御を可能とする中継コントローラ RRC を、株式会社 Doog において新規に開発した [3]。中継コントローラ RRC を VR2 モータコントローラと接続することで、PC や各種のセンサと統合した移動ロボットのシステムを構築できる。

Fig. 2 に、VR2 モータコントローラと中継コントローラ RRC を用いたシステム構成を示す。VR2 のパワーモジュールとジョイスティックモジュールの間に、中継コントローラ RRC が介在する構成である。PC をホストとして、車体の速度制御の指令（並進速度と回転角速度）の送信や、VR2 と RRC の各状態の受信ができる。また、ジョイスティックによる手動走行の操作性を調整したり、PC を起動することなくジョイスティックによる手動走行を行うこともできる。

2.3 自律移動ロボット Mair2 の設計と開発

Fig. 3 に、開発した自律移動ロボット Mair2 の外観を示す。外界センサとして LIDAR (レーザスキャナ) を用いており、北陽電機製の 3D-URG が 1 台、Top-URG が 3 台、Smart-URG が 2 台である。また内界センサとして IMU を搭載しているが、モータエンコーダやホイールエンコーダは搭載していない。VR2 モータコントローラはエンコーダを使用せず、モー

^{†1} 千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター

^{†2} 株式会社 Doog

^{†1} Future Robotics Technology Center, Chiba Institute of Technology

^{†2} Doog Inc.

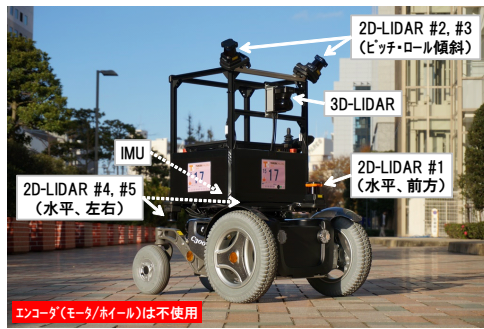


Fig. 3 自律移動ロボット Mair2

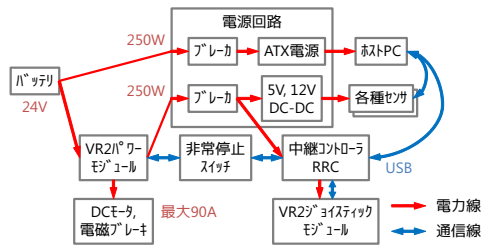


Fig. 4 電力系と通信系の接続構成

タの電気的特性の測定によって速度制御を行っている。また自律走行のために、速度指令とIMUのみを用いたエンコーダレス・オドメトリを開発している。詳細は次章にて述べる。

Fig. 4に、電力系と通信系の接続構成を示す。電源回路は、各種センサ用に5[V]出力と12[V]出力を持つ。組み込みPCを搭載できるように250[W]のATX電源も備えている。中継コントローラRRCの電源は、パワーモジュールから供給する。これにより、PCがない状態でもジョイスティックによる手動走行が可能となる。また非常停止スイッチを、VR2モータコントローラの通信線を切断するように配置する。VR2が通信を監視しており、遮断時には車体を停止させる仕組みである。非常停止スイッチを押下すると、急停止ではなく、所定の減速度で減速して停止する。停止時には電磁ブレーキが作動するため、坂道などでも安全である。

3. ROS対応のソフトウェア実装とエンコーダを使用しない自律走行

PC上で中継コントローラRRCとの通信を行うROSノード“rrc_controller”を開発し、ROSの枠組みで移動ロボットのシステムを構築した。Fig. 5に、“rrc_controller”の構成を示す。“cmd_vel”トピックを読み込み、RRCを中継してVR2モータコントローラに目標車体速度（並進速度と回転角速度）のコマンドを送信する。また、VR2とRRCの各状態を受信して速度指令に基づくオドメトリを計算し、“odom”トピックに書き込む。VR2はエンコーダを使用していないため、RRCからは実際の車体速度ではなく実行した目標車体速度しか取得できない。そこで車体の加減速モデルを用いることで、実際の車体速度を推定してオドメトリを計算する。

加減速モデルにより、並進速度はある程度正確に推定できるが、回転角速度は正確な推定が難しい。そこで、速度指令から推定した並進速度とIMUで測定した回転角速度を併用することで、エンコーダを使用しないオドメトリを実現する。この際に、車体の静止状態を検出し、自動的にIMUのキャリブレーションを行うアルゴリズムを開発した。Fig. 6に、速度指令のみによるオドメトリ、速度指令とIMUによるオドメ

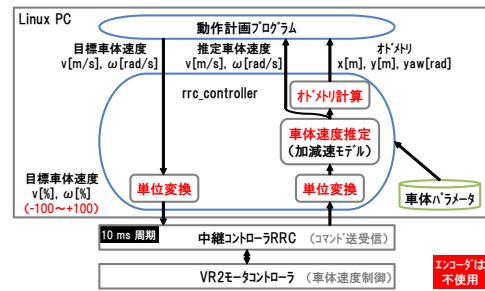


Fig. 5 中継コントローラRRCとの通信を行うROSノード

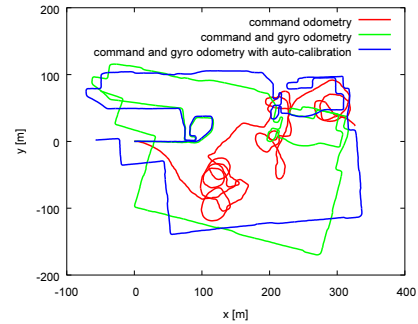


Fig. 6 速度指令とIMUによるエンコーダレス・オドメトリ



Fig. 7 Rao-Blackwellized Particle Filter SLAMで生成した地図

トリ、自動キャリブレーションありの速度指令とIMUによるオドメトリの走行軌跡のプロットを示す。自動キャリブレーションにより、速度指令とIMUのみを用いたエンコーダレス・オドメトリで比較的正確な自己位置を推定できている。

Fig. 7に、Rao-Blackwellized Particle FilterによるGrid-based SLAMで生成した地図を示す。若干の歪みは残るが、エンコーダなしでも整合性の取れた地図が生成できている。

さらに、ROS navigationパッケージを用いた自律走行[4]を改良して実装を行った。これにより、エンコーダを使用しない自律走行が可能となっている。

4. 結言

本稿では、大電流・高トルクの電動車両モータコントローラをROSに対応させ、移動ロボットのシステムを構築した。高信頼な走行系を実現できる、有用な方策のひとつである。

参考文献

- [1] ROS (Robot Operating System).
<http://www.ros.org/>
- [2] Mobility Vehicle Solutions | PG Drives Technology.
<http://www.cw-industrialgroup.com/Products/Mobility-Vehicle-Solutions.aspx>
- [3] モビリティロボット開発ツール | 株式会社 Doog.
<http://jp.doog-inc.com/product-element-mrtd.html>
- [4] 原 祥亮: “ROSの活用による屋外の歩行者空間に適応した自律移動ロボットの開発”, 第94回ロボット工学セミナー講演資料, 2015.