

ローカル 5G を用いた走行ロボットの制御

浦元 明 清家 翼 大野栄一*

Control of automatic driving robot using local 5G

URAMOTO Akira, SEIKE Tsubasa and Ohno Eiich

ロボットの遠隔制御において、ロボットのカメラ画像データや位置データ、走行データなどを遠隔制御用 PC に遅滞なく正確に送信する事が重要である。

本研究では、ロボットと遠隔制御用 PC 間の通信にローカル 5G を用いた。ロボットからのカメラ画像を遠隔制御用 PC で確認しながら走行制御データをロボットに送信することで、ロボットをほぼ正確に制御できることを証明した。また、ロボットに装着した Global Navigation Satellite System (GNSS) モジュールから位置座標を取得することができた。

キーワード：ローカル 5G、ロボット、自動走行、遠隔制御

はじめに

ローカル 5G は「大容量」、「超高速」、「多数同時接続」、「低遅延・高信頼」といった特長を有しており、地域や産業の個別ニーズに応じて、地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる 5G システムである¹⁾。一方で、ロボットの自動走行に関しては、遠隔からの制御が可能であること、画像通信と制御を同時に行うための大容量通信が求められている。

本研究では、遠隔からの制御と高速大容量通信が可能であるローカル 5G を用いて、ロボットの遠隔からの制御試験を実施した。

実験環境

1. 通信環境

本研究では、(株)愛媛 CATV が愛媛県産業技術研究所内に整備した sub6 帯を利用した基地局をローカル 5G の環境として使用した。(株)愛媛 CATV に設置されているフォックスコン・ジャパン製 5th Generation Core network (5GC) F5G-J005002-00 を利用したローカル 5G 環境は、(株)愛媛 CATV に設置された 5GC を基に、地域でのローカルネットワーク (以下閉域網) が構築され、図 1 のようにアンテナを介しての折り返し通信を行う事が可能である。

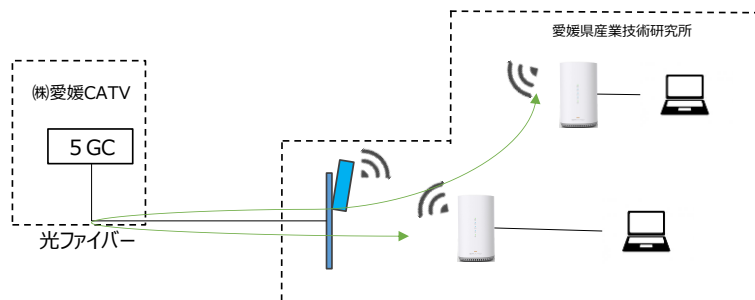


図1 ローカル 5G のネットワーク

ローカル 5G の無線通信には、Sub6 の電波を使用した。受信側ルーターには FOXCONN 社製 T99W288 を使

*株式会社ディースピリット

この研究は、「5G活用イノベーション創出事業」の予算で実施した。

用し、その仕様を表1に示す。ルーターと端末、ロボットとの接続は Wi-Fi5(11n)通信を利用した。

表1 T99W288 の概要

Wi-Fi 接続可能端末数	16
外部接続インターフェイス	Ether× 2 2.4GHz 802.11b/g/n/ax 5GHz 802.11a/n/ac/ax

2. ロボットの構成

ロボットは、表2に示す仕様の ROBOTIS 製 TURTLEBOT3 Waffle Pi を用いて試験を行った(写真1)。ロボットには映像伝送用のカメラとして、intel 製 RealsenseD435 を設置している。また、Light Detection And Ranging (Lidar) を装備し、Lidar を用いた地図作成とナビゲーションができる仕様となっている。Single Board Computer (SBC) は Raspberry Pi3+又は jetson nano を利用した。

表2 TURTLEBOT3 Waffle Pi の主な仕様

土台形状	281mm x 306mm x 141mm
レーザー距離センサー	Lithium polymer 11.1V 1800mAh / 19.98Wh 5C
カメラ	RealsenseD435
メインコントローラーボード	OpenCR1.0
マイクロコントローラーユニット	32-bit ARM Cortex®-M7 with FPU (216 MHz, 462 DMIPS)
駆動用モーター (2 輪)	DYNAMIXEL (XM430-W210-T)× 2 for Wheels



写真1 ロボット (TURTLEBOT3)

実験方法

1. Wi-Fi 環境での自動走行

ルーター下における Wi-Fi 通信(図3)を利用し、自動走行試験を行った。

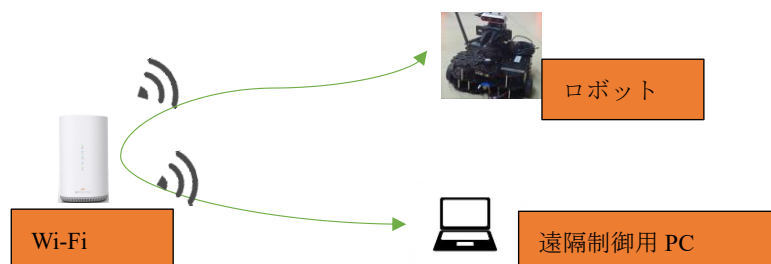


図3 LAN 内での Wi-Fi 通信

LAN 内でのナビゲーションは、Rviz を用いて実施した。遠隔操作側 PC で ROS master を起動した後、ssh 通信を用いて client であるロボットでの ROS の立上げなどの操作を行った。遠隔操作側 PC からのナビゲーションを実施し、Lidar を用いた Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) により地図作成と自己位置推定を同時実施した。

2. ローカル 5G の利用

ローカル 5G 通信を用いての遠隔操作を試みた。

図 1 のネットワークで動かすため、ルーターで DeMilitarized Zone の設定を行い、ROS での通信を行った。遠隔操作を行うにあたり、映像データの受け渡しを MJPG-Streamer を用いて、ロボットに装着された RealsenseD435 からの映像を http で通信を行うことで確認した。

また、閉域網は現在愛媛県松山市を中心として構築されており、閉域網を利用した遠隔通信が地域内で可能である。アンテナを介して閉域網内の遠隔地への通信が可能であることから、図 2 のイメージのとおり、松山市内で制御を行い、隣の東温市でロボットを実際に動かすといった遠隔操作が可能となる。

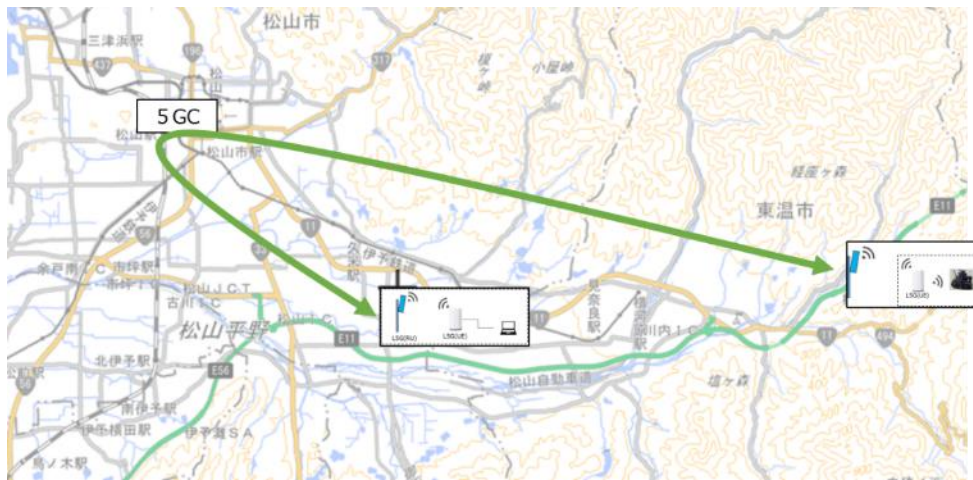


図 2 ローカル 5G 閉域網を利用したロボット遠隔操作イメージ

3. 位置情報の取得

ロボットに u-blox 製 GNSS モジュール ZED_F9P を使用し、測位用ソフトウェアは RTKLIB を用いて位置情報の取得を行った。

結果と考察

1. Wi-Fi 環境での自動走行

Wi-Fi のネットワークを利用したロボット制御を行った。移動経路の可視化に用いた Rviz の画面を写真 2 に示す。

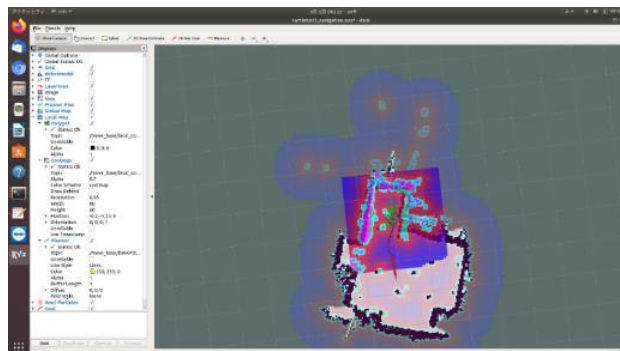


写真 2 Wi-Fi を利用したナビゲーション

ランダムに設置した赤いコーンの障害物を避けて通過する先に目的地を設定してナビゲーションを実施した。SLAM での地図作成と自己位置推定を行いながら、設定した目的地へたどり着くことができた。(写真3)

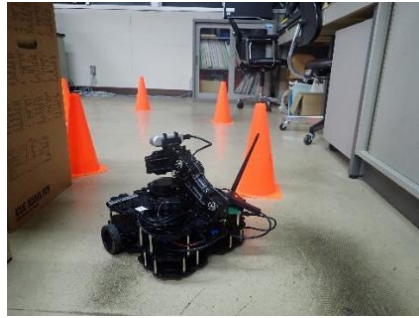


写真3 障害物を避けて進む様子

障害物を避けてゴールへたどり着く事はできたが、コーンの回避に数回前進後進を繰り返すなど、不安定な走行となったため、地図作成と自己位置推定及び移動量の推定等での改善が必要であった。

2. ローカル5Gの利用

MJPEG-Streamer を用いた映像通信では、ロボットに接続したカメラからの映像データを遠隔制御側 PC で確認することができた。(写真4)

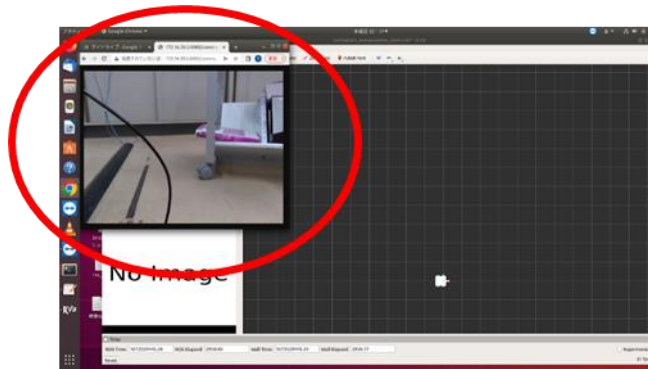


写真4 MJPG-Streamer での映像データの受信

また、ロボットの動作について、キー操作でのオペレーションがローカル5Gを介して正常に稼働させることができなかつたため、`geometry_msgs/Twist` 型のトピック通信を行うことでロボット制御を行った。トピック通信では、ローカル5G通信を用いた遠隔制御側 PC からの操作のとおり正常にロボットを制御することが可能であった。

3. 位置情報の取得

GNSS による測位データをロボットに載せた GNSS モジュールで測位し、測位データを遠隔制御側 PC で取得した。(写真5)



写真5 ロボットに載せた GNSS モジュール

GNSS からのデータを `/ublox_gps_node` から `/fix` へ `publish` し、`/navsat_transform` が `subscribe` していることが確認できた。今回の研究では GNSS から位置データを取得することができた。今後は、このデータを用いて

ロボットのナビゲーションを行っていく予定である。

ま と め

ローカル 5G を用いた走行ロボットの制御に取り組んだ結果以下の成果を得た。

1. Wi-Fi 通信を用いた LAN 内でのロボットナビゲーションを行うことができた。
2. ローカル 5G 通信を用いて遠隔からロボットのカメラによる映像通信ができた。
3. ローカル 5G 通信を用いて遠隔からロボットを動かすことができた。
4. ローカル 5G 通信を用いて遠隔の PC からロボットに取り付けた GNSS からの位置情報を取得することができた。

文 献

- 1) 令和 2 年版 情報通信白書, p. 421 (2020).