

小型自律走行ロボット向け物体認識用データセット生成とROS-FPGA間の接続手法

天野 隼斗¹, 森 隼人², 水谷 彰伸¹, 小野 智寛^{1,3}, 吉元 裕真¹, 大川 猛², 田向 権^{1,4}

¹ 九州工業大学大学院生命体工学研究科 ² 東海大学情報通信学部 ³ 日本学術振興会特別研究員

⁴ 九州工業大学ニューロモルフィック AI ハードウェア研究センター

I. はじめに

人間による介入無しで自律的に走行する自動運転システムへの期待が高まっている。このシステムには低消費電力であること、高速動作することなどが求められている。障害物や白線など、自動運転に必要な環境情報の認識処理には論理回路を再構成することができる Field Programmable Gate Array (FPGA) が適している。本論文では完全自動運転に必要な FPGA 実装技術の研究開発を目的とした競技会である、第 10 回相磯秀夫杯 FPGA デザインコンテストに向けた、FPGA による環境認識手法と物体認識に必要なデータセット生成法、及び Robot Operating System (ROS) によるシステムの構成法について述べる。

II. ロボットカーの概要

ロボットカーの構成部品一覧を表 I、外観と構成部品の概要を図 1 に示す。レーザ測距センサと Raspberry Pi を取り除いた TurtleBot3 Burger に 2 枚の SoC FPGA ボード及び 2 台のウェブカメラが搭載されている。一方の SoC FPGA ボード（以下 Ultra96#1）では You Only Look Once (YOLO) v3 [1] tiny による物体認識が、他方の SoC FPGA ボード（以下 Ultra96#2）ではハフ変換による白線認識が行われる。Ultra96#1 で認識された物体情報は TCP/IP により Ultra96#2 に送られる。Ultra96#2 はモータ制御ボードに接続されている。これらのシステムは ROS2 [2] により構築されている。

A. 障害物認識

コース上に出現するバリケードや人形などの障害物の認識には YOLOv3-tiny が用いられる。YOLOv3-tiny の学習に必要な訓練データは石田らが提案するデータセット生成手法 [3] を活用し生成される。この手法を用いることにより、自動的にラベル情報が付与されたデータセットを高速に生成することが可能である。ロボットカーに搭載された YOLOv3-tiny は、100 万枚のデータセットを用いて訓練された。別途生成した 10 万枚のデータセットを用いて評価された mAP50 の値は 94% であった。学習済みの YOLOv3-tiny は Xilinx 社により開発されている Vitis AI [4] により、Ultra96#1 上に実装した。

表 I ロボットカーの構成部品一覧

部品名	仕様	個数
ベース車体	TurtleBot3 Burger	1
ウェブカメラ	Logicool C615n	2
認識用ボード	Ultra 96-V2	2
モータ制御ボード	OpenCR1.0	1

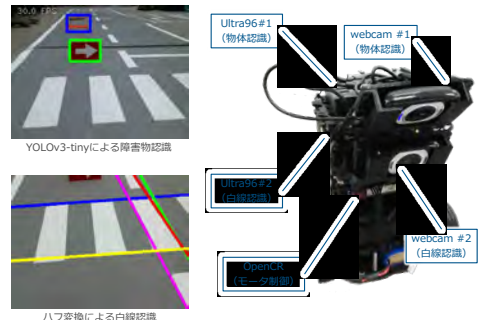


図 1. ロボットカーの構成

B. 白線認識

白線認識のためのハフ変換を行うアルゴリズムは、高位合成ツール Vivado HLS により Programmable Logic (PL) 上に実装されている。FPGA-Oriented Easy Synthesizer Tool (FOrEST) [5] を活用し、ハフ変換を行う PL 部と ROS2 による車体制御を行う Processing System (PS) 部の通信を行うノードを生成している。白線認識を行う FPGA ロジックの資源使用量のうち、LUT の使用率は 79%、BRAM_18K の使用率は 47%、FF の使用率は 11%、DSP48E の使用率は 1% であった。

III. おわりに

本論文では自律移動型ロボットカーの構成と環境認識手法について紹介した。また認識モデルの訓練に用いるデータセット生成手法や SoC FPGA ボードの PL 部と PS 部を結ぶ ROS2 ノード生成手法の活用について述べた。

謝辞

本研究の一部は JST, CREST, JPMJCR19K1 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," arXiv:1804.02767, 2018.
- [2] D. Thomas, E. Fernandez and W. Woodall, "State of ROS2: Demos and the technology behind," In ROS Developers Conference, Germany, 2015.
- [3] Y. Ishida and H. Tamukoh, "Semi-Automatic Dataset Generation for Object Detection and Recognition and its Evaluation on Domestic Service Robots," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 32, No. 1, pp. 245-253, 2020.
- [4] Xilinx, "Vitis AI," <https://www.xilinx.com/products/design-tools/vitis/vitis-ai.html>, 30 Aug. 2021 Accessed.
- [5] D. P. Leal, M. Sugaya, H. Amano and T. Ohkawa, "Automated Integration of High-Level Synthesis FPGA Modules with ROS2 Systems," International Conference on Field Programmable Technology (ICFPT) 2020, pp. 292-293, 2020.