

FPGA 自動運転ロボットカーの実装と改良

児島 彰

広島市立大学

1. はじめに

現在、開発が進められている自動運転車では、多くのセンサーが用いられていて、中でも、最も主要なセンサーとして CCD/CMOS カメラが用いられている。自動運转向けのカメラ画像処理と FPGA 利用の技術向上を目的として、小型ロボットカーの自動運転をテーマにした FPGA 設計コンテストが開催されている。本稿では 2022 年開催の FPGA 設計コンテスト⁽¹⁾への参加に向けて、開発中の FPGA ロボットカーについて述べる。従来開発していたものに改良を加えて、安定性、信頼性の向上に取り組んでいる。

2. ハードウェア

2.1 ハードウェア構成の概要

開発中のロボットカーのハードウェア構成を図 1 に示す。基本構造は従来開発していたものと同様の構造であるが、一部を変更・改良を行っている。コントローラには Avnet Ultra96 を使用していて、SoC タイプの FPGA である Xilinx UltraScale+ MPSoC XCZU3EG が搭載されている。車体の方向制御には、車らしさを尊重し、一般の乗用車と同様の前輪ステアリング方式を採用している。FPGA 内には Xilinx 提供の IP の DPU⁽²⁾を物体検出用に搭載している。モータ制御用の PWM 信号は自作 IP で生成している。

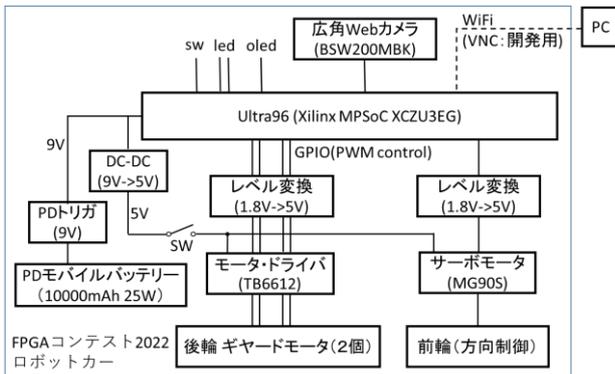


図 1 ロボットカーのハードウェア構成図

2.2 従来の車体からの変更点・改良点

前輪ステアリング用のサーボモータを従来のプラスチックギアの SG90 からメタルギアの MG90S に変更し、耐故障性を向上させた。駆動用モータには、従来は FA-130 タイプの DC モータ 1 個とギアボックスを使用していたが、今回は後輪をギヤードモータ 2 個に変更した。左右の回転数を調整することで、ディファレンシャルギアなしで小さい回転半径でのスムーズな走行が可能になる。多くの EV 車で採用されているインホイールモータと同様の効果がある。図 2 に開発・改良中の FPGA ロボットカーを示す。

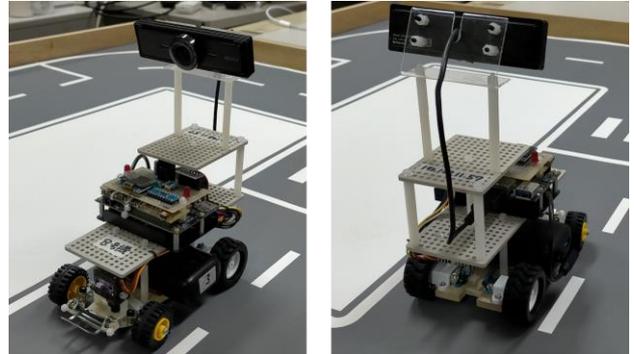


図 2 開発・改良中の FPGA ロボットカー

3. ソフトウェア

3.1 制御ソフトウェアの概要

SoC FPGA のプロセッサ部で動作する Ubuntu18.04 ベースの PYNQ2.6⁽³⁾環境を使い、制御ソフトウェアを開発している。OS 動作環境下でロジック部のコンフィギュレーションを行うことができる。物体検出用 DPU や PWM 信号出力回路などをプログラム先頭でロジック部にコンフィギュレーションしている。OpenCV による画像処理で、車線の左白線、停止線、交差点マーク (十字, T 字) を検出している。走行コース沿った走行は、左白線との位置を PID 制御で一定距離に保持するように制御することでやっている。物体検出は DPU 上の独自学習させた Yolov3-tiny⁽⁴⁾ モデルで信号、障害物、人形を検出する。

3.2 従来のソフトウェアからの変更点・改良点

ハードウェアの変更に伴うソフトウェアの変更を行った。旋回時の後輪モータの左右回転制御を加えた。カメラ位置変更に伴い画像処理の位置調整を行った。コース上で小さく見える物体は物体検出の精度が悪く、特に、中央交差点では信号機が遠く配置されていて小さくなるので、検出に失敗することが多かった。対策として小さい物体画像の学習データを追加作成して学習し直しを行っている。障害物回避など走行中の例外処理で走行位置を見失うことが多かったので、カメラ画像によるフィードバックで走行位置を見失いにくくするよう改良・調整を行っている。走行距離推定も見直し・調整を行っている。

4. まとめ

本稿では、現在開発中の FPGA 自動運転ロボットカーについて述べた。今後は、さらに安定性、信頼性を向上させるよう改良を行っていききたい。

参考文献

- (1) <https://wp.rs.cs.okayama-u.ac.jp/design-contest-aiso1/> 第 11 回 相磯秀夫杯 FPGA デザインコンテスト, (2022/9/14 最終アクセス).
- (2) <https://www.xilinx.com/products/intellectual-property/dpu.html> Xilinx IP, DPU for Convolutional Neural Network (2022/9/14 最終アクセス).
- (3) <http://www.pynq.io/> PYNQ, (2022/9/14 最終アクセス).
- (4) Joseph Redmon, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 779-788, 2016.