

# SoC FPGA 制御のロボットカーに実装した自動運転システム

児島 彰, 松田 瑚乃実

広島市立大学

## 1. はじめに

自動運転技術をテーマにした FPGA 設計コンテスト<sup>(1)</sup>が開催され、これに向けて我々が開発中のロボットカーの自動運転システムについて述べる。コンテストでは、FPGA でロボットカーを自動運転制御すること、カメラ画像を使うこと、交通ルールに沿った自動運転をすることが、主なルールである。以前から同様のルールで FPGA 設計コンテストが開催されていたが、今回は、コロナ感染症の影響で、オンライン開催への対応がコンテストの条件に付加されている。車体を事前に渡し、補助者にリモートで操作の指示し、補助者が車体の起動操作など行う。

## 2. ロボットカーのハードウェア

図1は開発中のロボットカーの車体とその構成図である。FPGA に Xilinx UltraScale+ MPSoC XCZU3EG を搭載した Avnet Ultra96 を制御部に採用している。コントロール性の良さからロボットではよく 2WD 方式が車体に採用されるが、自動運転がコンテストのテーマであるので、我々は普通の車の構造に近い、前輪の角度を制御するステアリング方式を採用した。カメラには USB Web カメラ (Bufflo BSW200MBK) を搭載している。バッテリーは、輸送や取り扱いが容易なように、USB Power Delivery (PD) 対応モバイルバッテリー (Anker PowerCore 10000 PD Redux 25W) 1 個にしている。PD コントローラで 9V の出力を得ている。シャーシはタミヤ・バギー工作基本セットにサーボモータ (SG-90) を搭載し、ステアリング制御を実現している。Ultra96 ボード上には、自作の信号レベル変換基板を搭載し、FPGA の出力する 1.8V 信号レベルからモータドライバ (TA7291P) とサーボモータの制御用の 5V 信号レベルに変換する。

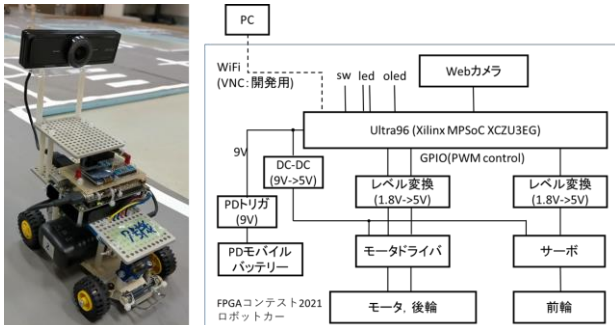


図1 開発中の自動運転ロボットカーと構成図

使用している FPGA は SoC タイプで、ロジックの PL 部と、プロセッサの PS 部からなる。今回の実装の PL 部は Vivado2020.1 で設計し、Xilinx 提供の IP の DPU (Deep Learning Processor Unit, B1600)<sup>(2)</sup> と

独自に設計した PWM 回路を使って構成している。また、PS 部ではソフトウェア処理を行う。DPU では物体検出アルゴリズムの Yolo v3 tiny<sup>(3)</sup> のモデルを実行処理する。学習は、コンテストで使用される信号、障害物、人形の 1400 枚の画像を使用して行なった。図2は学習したモデルでの物体検出例である。現時点では DPU を使った物体検出は 3fps と低速で、改善する必要がある。また、学習データが大きな画像に偏っていて、小さいものは検出率が低い。

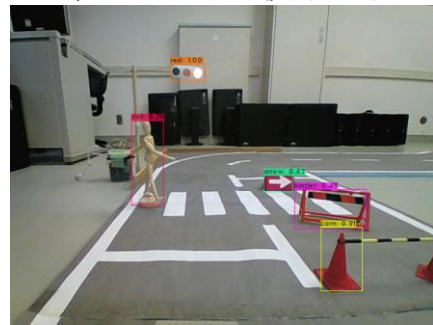


図2 Yolo v3 tiny 物体検出

## 3. 自動運転システムソフトウェア

実行環境に PYNQ2.6<sup>(4)</sup> (Ubuntu18.04) を使用し、FPGA の構成は Python から可能である。自動運転システムのうち、DPU による物体検出以外は、ソフトウェアで実装している。主な処理内容は、白線検出、自己位置推定、ルーティング、次動作決定 (停止、回避、車線維持、右左折)、駆動系制御である。自己位置推定には白線の ORB<sup>(5)</sup> による特徴点を使用する。このコンテストでは走行コースの地図が与えられるので、今回は SLAM で行われるような環境地図作成は行っていない。車線走行は白線との位置関係を保つようにステアリング角度を PID 制御している。物体検出情報は FPGA の DPU から得るが、現時点では物体検出が遅い (3fps) ので、メイン制御ループとは、別スレッドで実行する。メイン制御ループの物体検出以外の部分は 20fps 以上で実行できる。

## 5. まとめ

現在開発中の自動運転ロボットカーのハードウェアと自動運転ソフトウェアについて述べた。今後は、物体検出部の速度向上と精度向上を行なっていく。

## 参考文献

- (1) <https://wp.rs.cs.okayama-u.ac.jp/design-contest-aiso10/> 第 10 回 相磯秀夫杯 FPGA デザインコンテスト, (2021/10/22 最終アクセス).
- (2) <https://www.xilinx.com/products/intellectual-property/dpu.html> Xilinx IP, DPU for Convolutional Neural Network (2021/10/22 最終アクセス).
- (3) 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.
- (4) <http://www.pyng.io/> PYNQ, (2021/10/22 最終アクセス).
- (5) Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, Gary R. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," ICCV 2011, 2564-2571, 2011.