

# Zynq-7020 の PL 向け Hough 変換と YOLO を用いた自律走行ロボット

Ritsumei ISL 小林 健志朗<sup>†</sup>

2020 年 10 月 25 日

## 1 はじめに

本稿では FPGA デザインコンテストに向けたロボットの開発事項について述べる。本ロボットのコンセプトとしては、高精度であるがリソース使用量や計算量が膨大である Hough 変換や YOLO を効率よく Zynq-7020 の PL に実装し、リアルタイム性を維持した自律走行が可能なロボットを開発することである。

## 2 車体構成

車体は Zybot を採用した。Zybot はカメラからの入力に対して画像処理を行い、モータ制御することにより自律走行するロボットである。ロボット開発の主な構成要素は車線検出、物体検出、モータ制御からなる。また、Zybot の車体構成を表 1 に示し、実際の車体を図 1 に示す。

表 1: Zybot の車体構成

Board	Zybo Z7-20
Camera	Pcam 5c
Motor	IG220053X0085R
Battery	単三電池 ×8

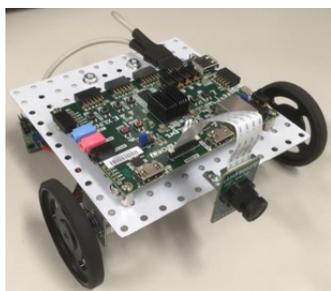


図 1: Zybot

## 3 制御方法

### 3.1 車線検出

車線検出手法として Hough 変換を採用した。Hough 変換は直線検出手法として 1962 年に P.V.C. Hough が提案した手法である [1]。まず、Hough 変換の前処理について説明する。前処理として、カメラから取得したカラー画像を二値化し、輪郭を抽出したエッジ画像 (図 2) を取得する。この処理で生成されたエッジ画像を Hough 変換の入力として与える。このエッジ抽出処理と Hough 変換を高位合成を用いて Zynq の PL に実装し、検出結果を PS に返している。その後、事後処理として、検出された車線をもとにした自己位置推定と進路方向の決定によりモータ制御を行い、車体を制御している。また、Hough 変換には投票と呼ばれる処理があり、膨大なリソースや計算量を要する。そのため、通常 1 度毎に行われる投票を本ロボットでは 180/32 度毎に間引くことにより、リソース使用量の削減や計算の高速化を実現している。

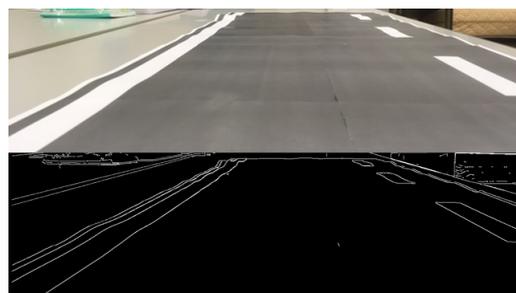


図 2: 入力画像 (上) とエッジ画像 (下)

### 3.2 物体検出

物体検出手法として YOLO を採用した。YOLO (You Only Look Once) は 2015 年に Joseph Redmon らが提案した物体検出手法である [2]。YOLOv3 [3] をもとにしたモデルを Hough 変換と同様に高位合成を用いて Zynq の PL に実装し、検出結果を PS に返している。一般的に必要なリソースの

<sup>†</sup>立命館大学院 情報理工学研究科情報理工学専攻  
計算機科学コース 集積システム研究室

膨大な CNN を PL に実装するため、量子化やネットワークの小規模化を行った。

次に、学習について説明する。今回、3 クラス合計約 400 枚のデータセットにラベル付けを行い、学習を行った。ミニバッチ数は全データセット数と等しく、epoch 数は 100 とした。

#### 4 実験結果

YOLO を用いた物体検出の結果を精度指標 mAP で示す(図 3)。また、本結果は PC 上でシミュレーションを行った結果であり、浮動小数点で表現している。

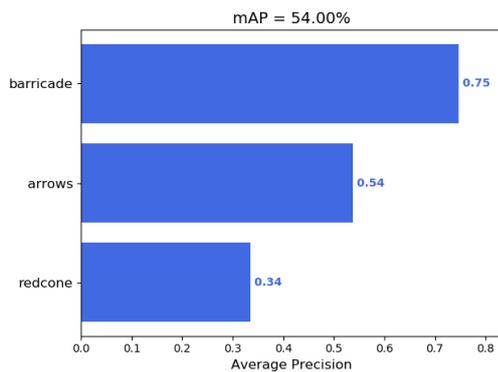


図 3: 物体検出結果

本結果は 3 クラスによる検出であり、mAP は 54% であった。redcone の認識率が他クラスに比べて低いため、更なる学習方法の検討が必要である。また、検出クラスに信号機と人形を加えて学習を行い、コンテストに向けた制御を行う。現在の PL リソース使用量を表 2 に示す。

表 2: リソース使用量

Resource	Utilization	Available	Utilization %
LUT	29503	53200	55.46
FF	35092	106400	32.98
BRAM	125.50	140	89.64
DSP	73	220	33.18

#### 5 今後の展望

本稿では、FPGA デザインコンテストに向けたロボットの開発事項について述べた。Hough 変換を使用することによって車線を認識し、逸脱せずに走行が可能となり、YOLO を使用することによって障害物の検出が可能となる。さらに、これらを Zynq の PL に実装することにより、リアルタイム性

を維持した走行が可能となる。今後の方針として、物体検出の精度が低いため、更に効果的な学習方法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] Paul VC Hough. Method and means for recognizing complex patterns, December 18 1962. US Patent 3,069,654.
- [2] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi. You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 779–788, 2016.
- [3] Joseph Redmon and Ali Farhadi. Yolov3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*, 2018.