

# FPGA を用いた自動運転ロボットカーのための Python による白線認識処理の検討

田山翔太郎<sup>†</sup> 大川猛<sup>†</sup> 佐藤未来子<sup>†</sup> 渡辺晴美<sup>†</sup>

**概要**：現在自動運転技術で期待されていることは、レベル5にあたるドライバー無しで自律的に走行できる自動車の実現である。レベル5の自動車の開発は、複数の企業で行われている。レベル5では自動車が人の命を守る役割を担っているため人間に近い判断能力や画像認識処理が必要である。しかしこれまで機械の制御用途で使われている低消費電力の組込みプロセッサでは、画像認識処理に時間がかかる問題があった。こうした画像認識処理にFPGAを用いることで、低消費電力かつ高速で行うことが期待される。本研究では、ロボットカーの自動運転に必要な白線認識処理を、FPGAを用いて高速で行うことを目標とする。本稿では1ライン探索法による白線認識処理をPythonを用いて行うことで、カメラ画像中の白線位置の認識を行う際の課題を確認した。

**キーワード**：画像処理認識、白線認識、1ライン探索

## 1. はじめに

現在自動運転技術で期待されていることは、レベル5にあたるドライバー無しで自律的に走行できる自動車の実現である[1]。運転が自動化される理由はいくつかあるが、その中でも主な理由として交通事故を大幅に減少させることが出来るという点である。交通事故の約95%は人間の過失によるものであり、すべてのドライバーが十分事故に注意を払うことが出来れば事故は減らせることは可能である。しかし、全員に交通ルールを守らせることは不可能であり、仮に守らせることが可能であっても疲労などによる操作を誤ってしまう可能性がある。そのため、自動運転技術が普及すれば人間による判断ミスが減り、交通事故の件数を減らすことが可能である。以上のことにより、レベル5の自動車の実現が期待されている。

しかし、現状はハンドルの制御と速度の制御を行うレベル2までしか達成されていない[2]。また日本の自動車メーカーは、2020年前後にレベル3である条件付き自動運転の普及を目標に研究・開発を行っている[3]。この目標を達成するためには、人間に近い判断能力や画像認識処理が必要である。

低消費電力の組込みプロセッサでは、画像認識処理は困難である。そのため、組込みプロセッサの代わりにFPGAを用い、アプリケーションに最適な回路を開発することにより、低消費電力で高性能な処理が可能であると期待される。そのため本研究では、ロボットカーの自動運転に必要な白線認識処理を、FPGAを用いて高速で行うことを目標とする。ただし、白線認識処理の検討にあたっては、実際の交通環境では天候・昼夜の日照の差など、多くの外的な要因があるため、単純化した環境での検討が必要であると考えられる。これに基づき、以下、2章では本研究の方針、3章では本研究における開発手段について、4章では1ライン探索による白線認識処理と課題を述べる。

## 2. 方針

自動運転のための白線認識処理の基礎的な検討をするにあたって、まずは単純化された交通環境を想定することとした。そのため、2019年12月に天津で行われる「FPT2019 FPGA デザインコンテスト」[4]を題材としてロボットカーの開発・設計を行う。コンテストの主なルールは(1)道路をはみ出さずに走行すること、(2)指示通りの道順(交差点を含む)で道路を走行すること、(3)白線、信号機、人、障害物を認識することの3つである。条件は(1)FPGAのアルゴリズムを用いること、(2)カメラ画像を用いること、(3)リモート制御不可、(4)バッテリーは100Wh以下の4つである。そのうち最初の2つの項目がメインとなる条件である。また、ロボットカーの全体設計を図1に示す。

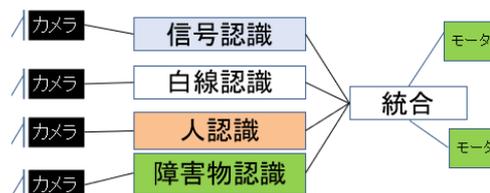


図1 ロボットカーの全体設計

Figure1 Overall design of the robot car.

## 3. 開発手段

開発はハードウェアとソフトウェアについて行い統合する。ハード開発は、モータを駆動するロボットカー車体の開発・設計を行う。ソフト開発は、白線認識や障害物認識、人認識や信号機認識のプログラムの開発を行い、FPGA処理の検討を行う。統合は、ソフト開発が開発したプログラムの統合を行い、ハード開発が開発・設計したロボットカーに搭載・テストを行う。統合の際にソフトウェアもしくはFPGA回路の間でデータの受け渡しや処理開始・終了の制御を行う必要がある。そのためにROS(Robot Operating System)を使用して各ソフトウェア・FPGAの間の通信を行

<sup>†</sup>東海大学大学院 情報通信学研究科

うことで統合を行う[5].

開発したロボットカーの走行テストを行うために2つの環境を用意した. 1つ目は本番と同様の環境としてポスター用紙に印刷した道路を用意した. 2つ目は道路プロジェクションマッピングを用意した. これは環境光の明るさによる画像認識の認識率の変化を再現することを目的とする. これにより, 実際の交通環境における天候・昼夜の日照の差など, 多くの外的な要因を再現した実証実験を行うことが可能となると考える.



図2 紙に印刷した走行テスト環境  
Figure2 Test environment with printed paper.



図3 プロジェクションマッピングによる走行テスト環境  
Figure3 Test environment with projection mapping.

#### 4. 1ライン探索による白線認識処理と課題

文献[6]では, Hough変換を用いた白線認識の問題点として処理時間がかかる事を指摘し, 本コンテスト向けに, 計算量の少ない1ライン探索アルゴリズムを提案して白線認識を行った. また, 同文献ではC++で開発を行っていたが, 計算量が極めて少ないことから, Pythonでも十分高速な処理が可能であると考え, 本研究においてはPythonを用いて開発を行った.

1ライン探索[6]は, 入力画像から横1ラインを取り出し, その1ライン上にある白線の位置を調べるアルゴリズムである. このアルゴリズムを用いて, カメラから入力された画像から白線認識を行い, 白線からはみ出さずに走行を行うモータ制御を行うことが出来た. 以下に, 実行結果を示す. 図4は, 任意の横1ライン上に白線の有無を検出している画像である. 図5に示す値は, 正の数で白線をカメラが認識し, -1では白線を検出しなかったことを表す.

現状の課題としては, 取り出すラインのy座標設定値によっては, 白線を認識しないことがあり, 走行が不安定になる問題がある. この課題を解決するために, 今後定量的

に白線の認識率を調べる必要がある. また1ライン探索の代わりに2ライン以上の複数ライン探索を使用し, 白線走行を安定化することが考えられる.

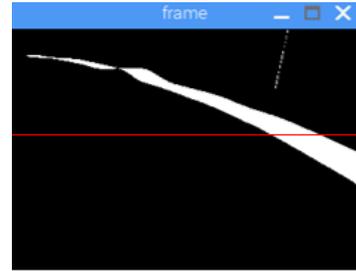


図4 カメラからの入力画像  
Figure4 Input image from camera.

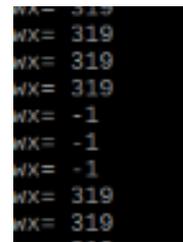


図5 入力画像の読み込んだ値  
Figure5 Loaded value of input image.

#### 5. おわりに

本稿では, 自動運転技術へのFPGAによる画像認識処理を検討するため, 1ライン探索法による白線認識処理をPythonを用いて行うことで, カメラ画像中の白線位置の認識を行う際の課題を確認した. 現状, 1ライン探索の設定する値によって, 白線を認識せず走行が不安定であるという課題がある. 今後はFPGAによる白線認識処理の部品化とロボットカーへの統合を進める.

#### 参考文献

[1]第8回 相磯秀夫杯 FPGA デザインコンテスト  
<https://wpp.shizuoka.ac.jp/design-contest/>  
(参照:2019/05/18).

[2]次世代自動車ビジネス研究会, "EV 革命&自動運転最前線", 技術評論社, pp.52-53, 2018.

[3]桃田 健司, "運転で GO!一車の新時代がやってくる", 株式会社マイナビ出版, pp.127-130, 2017.

[4]2019 International Conference on Field-Programmable Technology.  
<http://fpt19.tju.edu.cn/index.htm>(参照:2019/05/18).

[5]小倉 隆, "ROS ではじめるロボットプログラミング", 工学社, 2015.

[6] Hiromichi Wakatsuki, Takao Kido, Kenta Arai, Yuhei Sugata, Kanemitsu Ootsu, Takeshi Yokota, Takeshi Ohkawa, "Development of a Robot Car by Single Line Search Method for White Line Detection with FPGA", 2018 International Conference on Field-Programmable Technology (FPT) 2018.