

学籍番号 氏 名	V21028 上坂 侑己	指導教員	藤枝 直輝
題 目	FPGA を用いた AI ロボットカーの状態遷移図を考慮した動作の拡張		
1 はじめに 深層ニューラルネットワークを使用した機械学習であるディープラーニング (Deep Learning) は、近年様々なところで活用されている。その推論では、柔軟性とコスト効率の面から、FPGA を採用するメリットがある。FPGA 向けの推論器の応用に、Hamanaka らによって提案された AI モーターカーシステムがある [1]。栗山は、より柔軟な制御を可能にするために、カラー画像に対応するとともに、赤色の領域前で停止する制御を追加した [2]。 本研究の目的は、推論器とステートマシンとを組み合わせることで、AI モーターカー上でより複雑な動作を実現することである。具体的には、左右のモーターの逆回転を追加、赤色の領域を検知したら、その場で右旋回し U ターンする制御を追加する。 2 先行研究 Hamanaka らの AI モーターカーシステム [1] には、主な構成要素として、OV7670 カメラコントローラ、画像の前処理回路、2 値化された畳み込みニューラルネットワーク (CNN)、モーターカー制御回路と、2 個の PWM 制御回路が含まれる。PWM 制御回路は、左右 2 つのモーターを正転させるために用いる。栗山による拡張後 [2] は、カメラからの画像は、前処理回路で 28 ピクセル四方、8 色に変換され、CNN に入力される。推論器から出力された結果から、モーターカー制御回路は、前進・右折・左折・停止のいずれかの信号を PWM 制御回路に送る。 ここでの問題点は、推論器が停止マーカーを見つけると、モーターカーはそれ以上走行できなくなることである。モーターカーが停止すると、カメラ画像が変化せず、推論結果も停止となり続けるためである。 3 設計と実装 本研究では、AI モーターカーシステムに対して、2 秒以上推論器の出力が停止であり続けたら、右旋回し U ターンする制御を追加する。まず、状態遷移図を作成し、認識結果と現在の状態を入力として、PWM 制御回路に与える信号と次の状態を出力するようにする。時間制御は、停止する時間と右旋回する時間で、2 つのカウンタを持たせることで実装する。作成した状態遷移図をもとに回路記述を修正する。具体的には、ステートマシンとカウンタの追加を行う。次に、モーターカーの実機に配線を追加し、左右のモーターの逆回転を可能にする。シミュレーションにより、作成したモーターカー制御回路の動作を検証したが、実機での動作確認には至っていない。 4 評価 3 節で述べた回路の拡張が、ハードウェア使用量に与える影響を評価する。拡張前後のシステムの回路全体に対して、Vivado 2020.1 で論理合成・配置配線を行い、使用された LUT とフリップフロップ (FF) の数を比較する。評価の結果、ハードウェア使用量が LUT で 66 個、FF で 105 個、それぞれ増加した。しかし、CNN のハードウェア使用量が LUT で 9,240 個、FF で 11,108 個であった。これは回路全体のそれぞれ 94.8 %、93.7 % を占める。そのため、今回の拡張がハードウェア使用量に与える影響はわずかだといえる。 5 おわりに 本研究では、より複雑な制御を可能にするために先行研究で提案されたモーターカーシステムに改良を加えた。今後の課題として、ハードウェア量の削減、より複雑な制御の実装、実機での検証などが考えられる。 参考文献 [1] F. Hamanaka et al., A low cost and portable mini motor car system with a BNN accelerator on FPGA, in MCSoc 2021, pp.84-91,2021. [2] 栗山武大,FINN を用いた AI ロボットカーの改良, 卒業論文, 愛知工業大学, 2024.			