

1. 担当 PM

プロジェクトマネージャー：石黒 浩 PM
(大阪大学 大学院基礎工学研究科 システム創成専攻 教授 (特別教授))
(ATR 石黒浩特別研究室室長 (ATR フェロー))

2. 採択者氏名

クリエータ：土屋 祐一郎 (東京大学 大学院)

3. 委託金支払額

2,304,000 円

4. テーマ名

深層学習による高性能インテリジェントカメラの開発

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトでは、Deep Convolutional Neural Network (Deep CNN, DCNN) の計算に最適化された低消費電力で動作するハードウェアを FPGA を用いて実装し、DCNN の計算を実用的な速度で実行可能な小型デバイスを作成した。また、このデバイスを簡便に扱うことのできる環境を整備し、高度な画像認識システムを簡単に構築できるようにした。

7. 採択理由

FPGA で深層学習を実装し、それをカメラと組み合わせて、非常にコンパクトで高性能なインテリジェントカメラを実現する提案である。提案者の開発能力は十分に高く、プロジェクト期間内にこのインテリジェントカメラを実現できると期待した。一方で課題は、この高性能な認識機能を持つインテリジェント

カメラを用いた、良いアプリケーションを見つけることであると考えた。

8. 開発目標

本プロジェクトでは以下を開発目標とした。

- FPGA を利用することで、並列演算による高い処理能力を維持しつつ、小型、低消費電力、低コストの CNN の計算に特化したハードウェアを開発する。
- FPGA を利用して作成した CNN 計算用ハードウェアをカメラと組み合わせ、エッジコンピューティングが可能なカメラデバイスを作成する。
- デベロッパがこのカメラデバイスを簡単に扱えるように、高度に抽象化された API を提供し、包括的な開発環境を構築する。

9. 進捗概要

本プロジェクトで開発したシステム Nano Deep は、CNN 計算モジュールやカメラ、その他周辺回路を含むハードウェアと、CPU からそれらを制御するソフトウェア、及び CPU 上でのプログラミングを簡素化するライブラリからなる包括的な環境である。図 1 にハードウェアの外観を示す。本デバイスは CPU と FPGA がワンチップに載った Xilinx 社 Zynq SoC を採用し、FPGA 上には独自ハードウェアが実装され、それは CPU から制御されるシステムとした(図 2)。

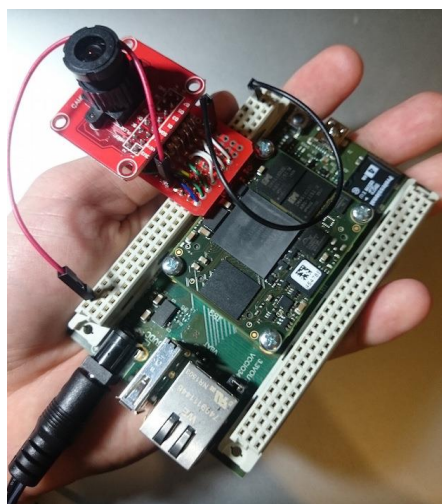


図 1 Nano Deep 外観

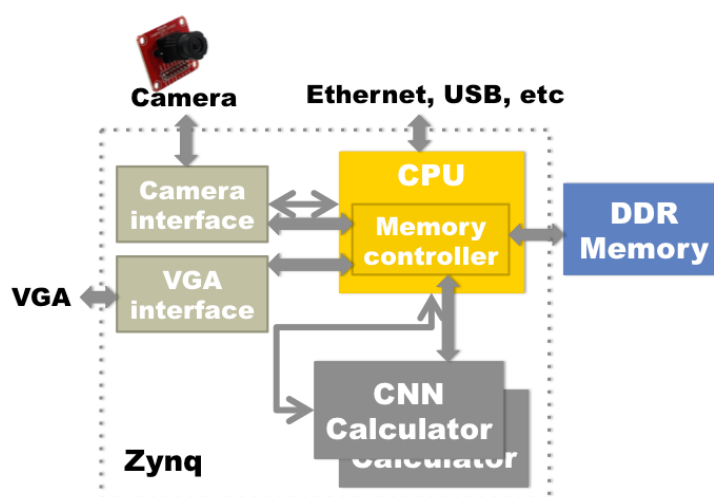


図 2 Nano Deep システム構成図

CNN 計算モジュールは FPGA 上に構築された独自回路で、CNN の計算を効率よく行うことを目的に設計されている。演算の固定小数点化、並列化、I/O の最適化など様々なチューニングによって、高いコスト対性能比を実現した。CPU

上では Linux (Ubuntu) が動作し、デバイスドライバを介して CNN 計算モジュールやカメラ等のハードウェアを制御できる。さらに、ハードウェア制御などの処理を抽象化して扱いやすくした Python のライブラリを整備した。本プロジェクトでは、この Nano Deep 環境を利用してサンプルアプリケーションを開発した。このサンプルアプリケーションはカメラで撮影した画像を Web ストリーミングしつつ、その画像をリアルタイムで認識するものである(図 3, 図 4)。認識結果は保存され、認識されたカテゴリ毎に整理され、検索することができる(図 5)。本アプリケーションは上記の Python ライブラリを利用して開発されている。Python 用インタフェースが提供されていることで、Nano Deep のハードウェア処理と Web アプリケーションのような高レベルの処理とを組み合わせたアプリケーションが簡単に作成できる(図 6)。

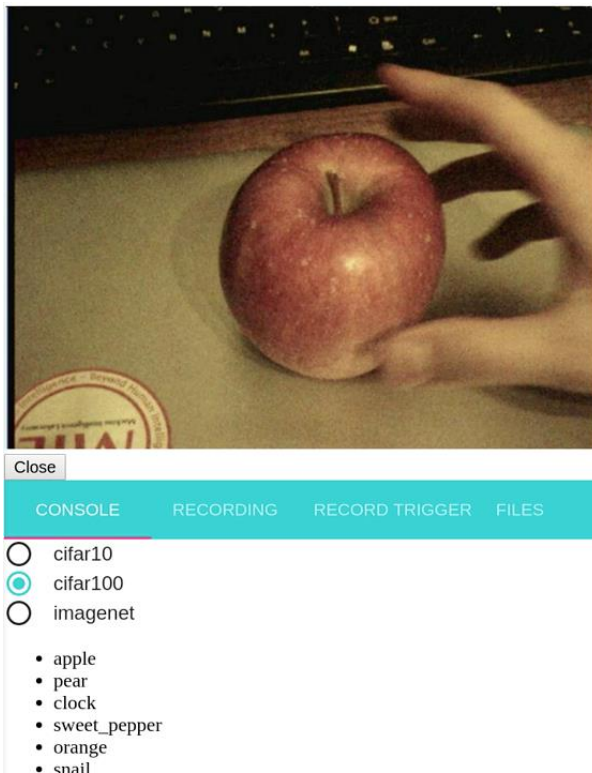


図 3 “apple” を認識

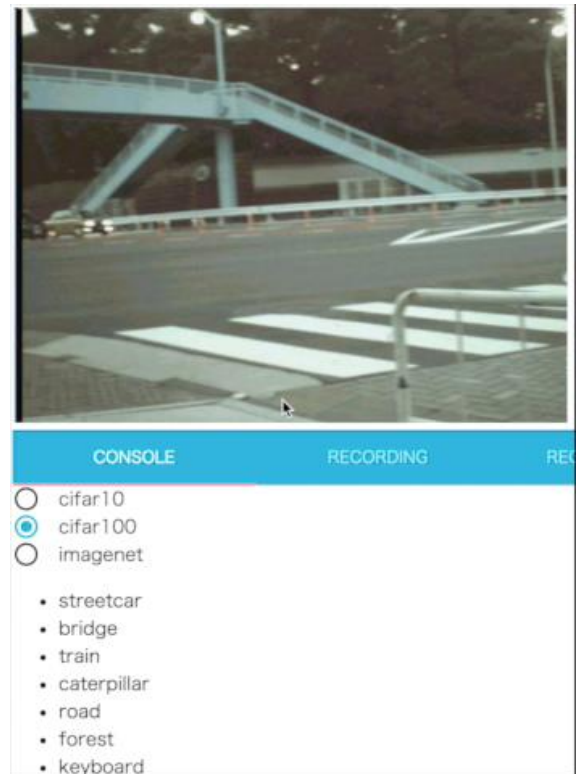


図 4 “streetcar”, “bridge” を認識

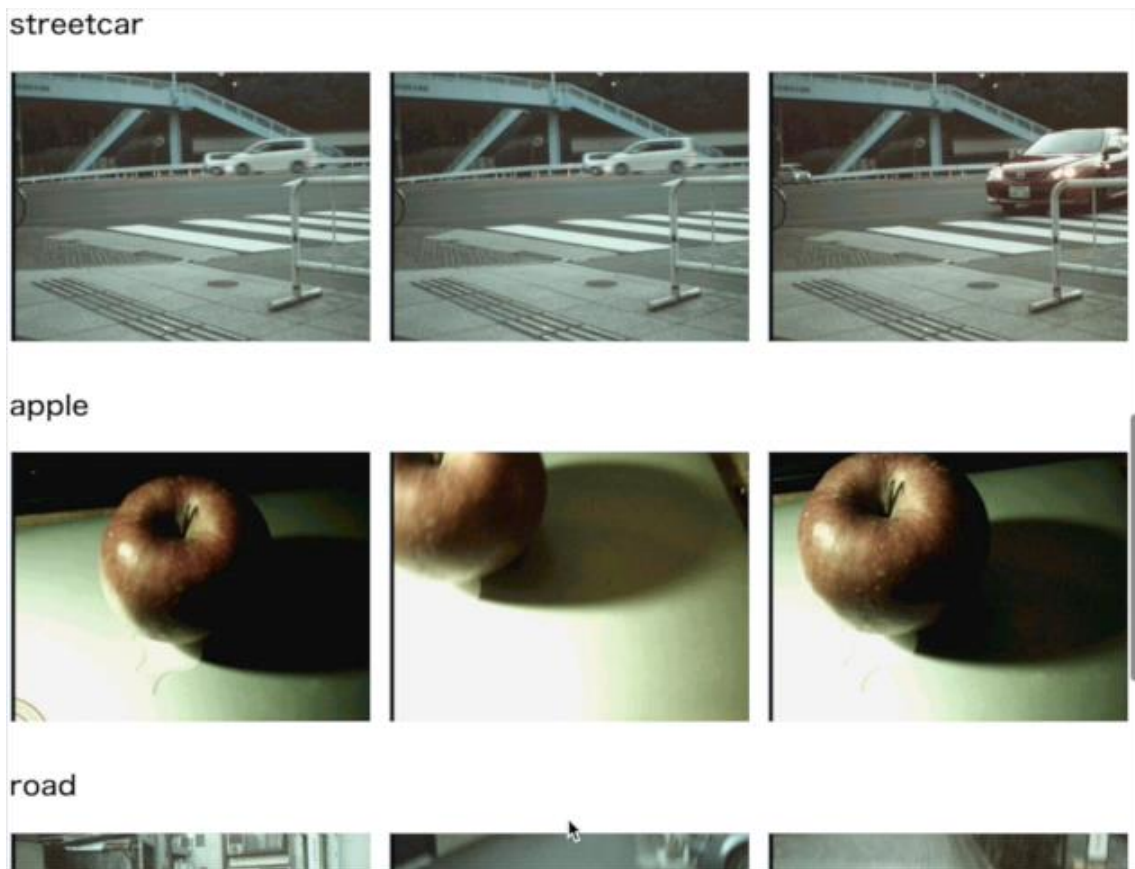


図 5 カテゴリ名による検索

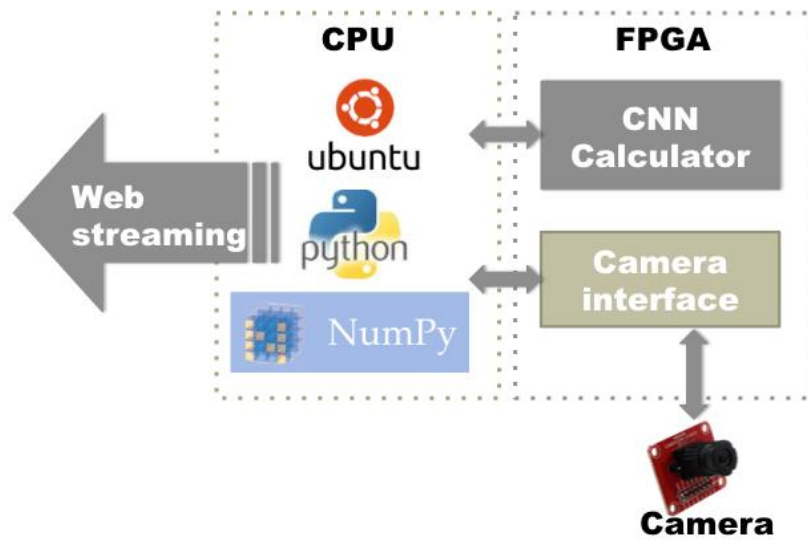


図 6 ソフトウェアとハードウェアの連携

10. プロジェクト評価

実装すべきアルゴリズムである深層学習について理解を深めながら同時に FPGA を自らの力で勉強し、最終的に深層学習を FPGA 上に実装、それをカメラと連動させて、高速にカメラ画像に映し出された物体を識別する機能を実現したことは、非常に高く評価できる。これを成し遂げたクリエイタの実装能力は比類無いものであると言える。

本プロジェクトが始まってしばらくしてから、他者が開発した本システムに類似したものが現れた。しかしながら、本プロジェクトで開発されたものは、それらと比べても性能は高く、また異なる性能も有している。

今後、深層学習の FPGA 化は実用的な応用を数多く生み出すことが期待されるが、世界でもまだ数少ないその一例を生み出すことができ、クリエイタは今後この分野において、実社会で活躍できる人材となることができた。

11. 今後の課題

システム自体の発展に加えて、CNN 計算モジュールのコア技術についての特許申請、及び魅力的なサンプルアプリケーションの作成が必要である。