

# HDCアクセラレータとRISC-Vを組み合わせたエッジサーバの開発

## — 高速で低消費電力なAIを身近な存在に —

井阪 友哉（奈良先端科学技術大学院大）

### 背景と提案内容

**Hyperdimensional Computing (HDC)** はデータを（数千から数万次元の）超次元ベクトルで表現し、分類タスクへ応用可能。従来の機械学習法と比べて、「**高速**」「**低消費電力**」「ノイズに対して**ロバスト**」な特性を持つ。

HDCは、いくつかの認識タスクにおいて、従来の機械学習手法と**同程度の精度**を、**高速かつ低消費電力**で達成できる。

精度 (%)	HDC	従来
言語認識	96.7%	<b>97.9%</b>
EMG認識	<b>97.8%</b>	89.7%
音声認識	<b>95.3%</b>	93.6%
画像認識	80.4%	<b>99.7%</b>

HDCを使ったアプリケーションでは、データを超次元ベクトルに**符号化**し、独自の演算 **Bind, Permutation, Bound** を組み合わせて処理する。

→ CPUで実行するのは**高コスト**

	Bind	Permutation	Bound
演算	ビットワイズ排他的論理和	循環シフト（単項演算）	ビットワイズ多数決関数
意味	情報の関係づけ	情報の順序付け	異なる情報を記憶

このプロジェクトでは…

超次元ベクトル計算を加速させる**新たな計算基盤を提案**

→ **高速かつ低消費電力かつプログラマブルかつCPUと協働**

### 未来の話

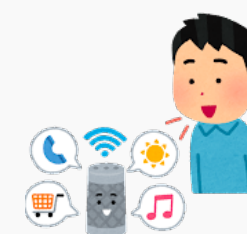
本プロジェクトで開発した新たな計算基盤が普及すれば…

HDCアプリケーションの**研究者**や**開発者**は実験や開発に必要な**試行錯誤のサイクル**を大幅に改善できる。

その結果、研究が進むと、精度と速度がさらに**改善されたHDCアルゴリズム**が生まれる可能性もあり、開発が進むと、**新しいHDCアプリケーション**とその**利用例**が生まれる。

特に、エッジサーバーやIoTのような**エッジ端末**にとって、高速で低消費電力でロバストなHDCは**すごく相性が良い**。電力消費が激しい従来の機械学習よりも**環境へ優しく**、電力や端末価格のような**コストも安く抑えられる**ためスマートスピーカやウェアブルデバイスのように、活用範囲は今後も拡大するだろう。

本プロジェクトは、このような**HDCの活用と推進**に向けた未来を**サポートする鍵**となる取り組みである。

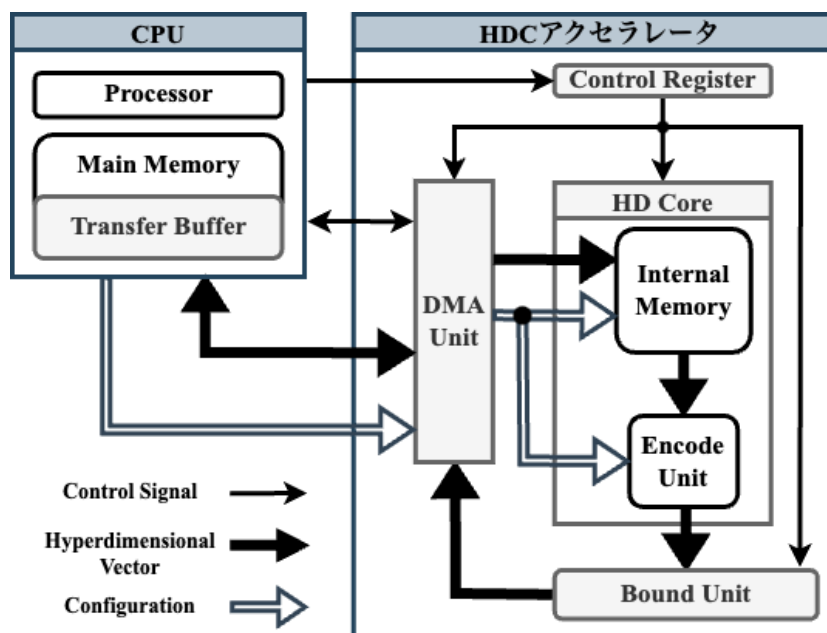


## HDCアクセラレータ：

HDC独自に定義された算術演算を高速化するための右図のようなHDCアクセラレータを開発した。

HDCアクセラレータの特徴は次の通り。

- **高速かつ低消費電力**なHDC演算器
- 新しい符号化方法に対応できる**プログラマビリティ**
- **従来のCPUで協調動作**することで豊富なソフトウェア資源を活用できるアーキテクチャ



[PYNQ-Z1, Xilinx]

提案するアーキテクチャは、Zynq SoC を搭載した「Xilinx PYNQ-Z1」に実装した

## 成果物

### ライブラリ：

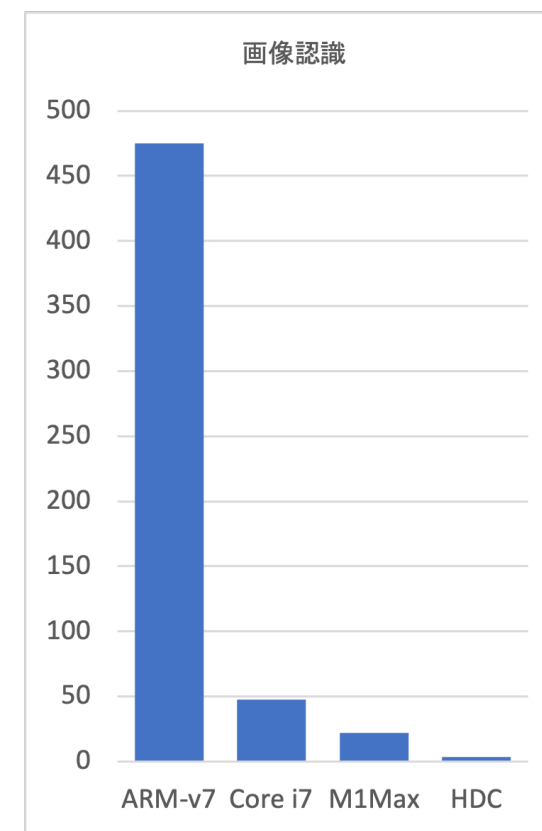
本プロジェクトで開発したライブラリを使うことで、ユーザは**関数を呼び出すだけで**CPUからHDCアクセラレータに指示を出すことが可能になっている。例えば、文献[1]で示されているN-gramの符号化方式は下のようなコードをC言語で書くことになる。

```
① Load_1(0);    // アドレス0からレジスタ1にロード
② Load_2(1);    // アドレス1からレジスタ2にロード
③ Permute_2(1);  // レジスタ2の値を1回Permutation
④ Bind_p11();   // レジスタ1とPermutationの結果をBindしレジスタ1に格納
⑤ Load_2(2);    // アドレス2からレジスタ2にロード
⑥ Permute_2(2);  // レジスタ2の値を2回Permutation
⑦ Bind_p12();   // レジスタ1とPermutationの結果をBindしレジスタ2に格納
⑧ Bound_2()     // レジスタ2の値をBound
```

[1]  
A. Rahimiet al., "A robust and energy-efficient classifier using brain-inspired hyperdimensional computing," Proc. ISLPED, pp. 64-69, 2016.

### HDCアプリケーション：

認識タスクの一例として、画像認識、音声認識、言語認識のHDCアプリケーションを実装した。それぞれ **M1 Max** (3.00GHz)、**Intel Core i7** (1.80GHz)、**ARM-v7 Cortex-A9** (0.666GHz)、**HDCプロセッサ** (0.125GHz) で実行し、速度の評価を行ったところ、いずれの結果においても **本HDCアクセラレータは低消費電力でありながら高速に実行できた。**



画像認識における速度比較結果