

組み込み機器向け軽量・高性能エッジ AI 技術の開発

新事業推進本部 イノベーション創出センター 村下 君孝
飯野 賢吾

1. 取組背景

コネクティッドカーの普及に伴うデータ活用の多様化・高度化によって増大するデータ需要に応じる必要があります。デンソーテンでは、必要なデータだけをクラウドセンターから車載エッジ端末へ要求することで、通信コストやストレージコストの削減を実現する「効率的なデータ収集方式」(図 1) を 2019 年に発表しました¹⁾。このデータ収集方式では、ニーズの変化や新しいサービスに合わせて、ネットワーク経由で画像認識 AI モデルを更新・変更できます。今回、この方式の中で画像に映っている物体の位置・種類をエッジ端末上で認識するエッジ AI 技術を開発しました。

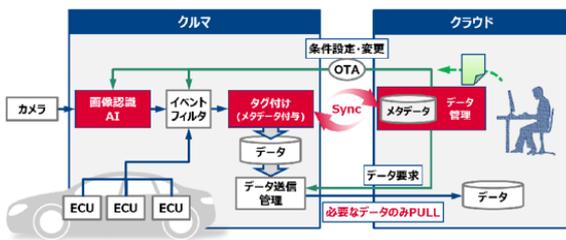


図 1 効率的なデータ収集方法

2. 取組内容

2.1 画像認識の AI 技術の概要

画像認識の AI 技術はディープラーニング（深層学習）が主流です。ディープラーニングの画像認識ソフトウェア（以下、AI モデル）は、ニューラルネットワークと呼ばれる人間の脳の神経を模倣した構成を多層的に重ね合わせています。多層のニューラルネットワークであるため演算量は多いですが、従来の認識技術よりも高精度に認識できます。この技術では、製品に AI を搭載する開発者は認識したい物体を含む画像（教師データ）を大量（数万～数十万枚）に用意して AI モデルに何

度も学習させ、その結果を SoC（System on a Chip）に載せられるサイズに軽量化して実装します（図 2）。



図 2 AI モデル開発のプロセスと課題

2.2 課題

エッジ端末で実行させる AI モデルの開発・更新には、次の課題があり、その課題を解決するための技術を今回、開発しました。

- (1) 小規模な SoC で処理できる演算量への削減とほかのプロセスと共存可能な省メモリ化（プロセス⑤）
- (2) 大量の教師データの準備（プロセス③）と、AI モデルの学習を短時間で終わらせること（プロセス④）
- (3) 原理的に精度 100%を担保できない AI の動作を保証する AI 品質保証（プロセス②～⑤）

3. 工夫点・アピールポイント

当社は、上記課題(1)~(3)に対して次の取り組みを行いました。

- (1) 演算量削減と省メモリ化を実現する AI 超軽量化技術²⁾

画像認識 AI は物体を識別するための特徴を抽出する特徴抽出部と、特徴量に基づいて物体を識別するオブジェクト検出部にわかれます。いずれも畳み込み演

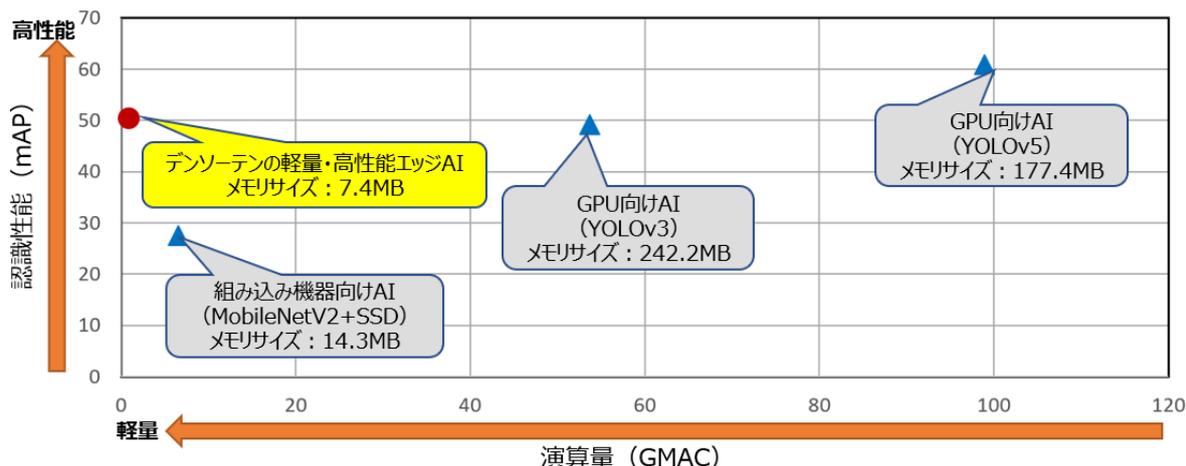


図 3 超軽量エッジ AI の性能

算 (Convolution) が使われますが、特徴抽出部の一部の演算を近似演算 (Separable Convolution) に置き換えることで、小さな特徴抽出部とマルチクラスの高精度オブジェクト検出部からなるハイブリッド AI を構築しました (プロセス⑤)。また、演算のビット幅を削減する量子化 (Quantization) や、認識結果への影響が小さい演算を除去する枝刈り (Pruning) の実施による精度劣化を最小限に抑える手法により、超軽量エッジ AI を実現しました。これらの結果、GPU 向け AI (Darknet53+Yolov3) と比較して、1/60 以下の演算量と、1/32 以下のメモリ量で同等の認識性能を実現しました (図 3)。

(2) 教師データの準備とモデル学習を短時間で終わらせるモデル生成効率化技術

当社の画像認識技術により PC 上で動作する高精度 AI モデルを作成し、経験者の手作業による教師データ作成作業を部分的に自動化することで、作成時間を 20%削減し、教師データ作成プロセス (プロセス③) の効率化を実現しました。また、モデル学習用のパラメータ調整のノウハウを組み込むことにより、パラメータ探索空間を絞り込む学習用パラメータ最適化 (プロセス④) を実現しました。

(3) AI 品質を保証する開発プロセス

AI モデルはデータのないケースではどのような動作をするかわからず、判断根拠の説明も困難になります。よって、AI モデルのリスクに対してできる限りの手を打ち、対応状況を可視化する必要があります。そこで当社で

は、世の中の AI 品質ガイドラインとこれまでの AI 開発知見を基に、AI 開発監査実施標準 (表 1) を策定し、AI 開発の各プロセス (表 1 の分類) において、AI 品質基準を満足しているかを確認する社内監査を実施することになりました。

表 1 AI 品質監査項目

分類	AI品質監査項目シート 大項目
要件定義	要求仕様の明確化
	顧客認識レベルの確認と合意
	法令・倫理の影響確認と責任所在の明確化
データ品質	データの網羅性・均一性
	アノテーションの妥当性
	学習・検証データの分離
	データ著作権規定
モデル品質	モデル要求の明確化
	学習工程の妥当性・収束性
	モデルの精度と安定性の検証
システム品質	AIリスクに対する対策・フェールセーフ
	網羅性のあるシステム試験
運用品質	モデル更新の仕組み
	モニタリング方針明確化
	再学習方針明確化

4. まとめ・今後の展開

今回、当社はエッジ端末の SoC 上でリアルタイムに認識する軽量・高性能なエッジ AI 技術を開発しました。当社のエッジ AI は、処理性能 0.5 TOPS ※(1) 程度の SoC で、高性能 GPU 向け AI に匹敵する性能を実現しました。

記載されている会社名、商品名、サービス名等は、各社の商標または登録商標です。

今後は、これら開発技術で作成したAIモデルを当社製品に適用します。さらに開発した AI 技術の用途として、収集画像の個人情報保護（映り込んでいる人の顔をマスク）、車両や歩行者の通行量の把握、防犯カメラでの侵入検知、店舗内カメラによるお客様の移動軌跡の検出などへの使用が考えられます

参考文献

- 1) デンソーテンプレスリリース（2019.10.18）
"コネクティッドカー普及を見据えた効率的なデータ収集方式を開発 ～「第26回 ITS 世界会議シンガポール 2019」出展～"
https://www.denso-ten.com/jp/release/2019/10/20191018_2.html
- 2) 第26回画像センシングシンポジウム（SSII2020） IS2
"車載向け SoC に搭載可能な軽量物体検出モデルの開発"
株式会社デンソーテン 関、広見、岡田、村下、山田
<https://confit.atlas.jp/guide/event/ssii2020/top>

※(1) TOPS

1 秒間に 1 兆回命令を処理する性能