

通信型ドライブレコーダ向け AI/画像認識技術の開発

コネクティッド技術本部 先行システム開発部 松本 裕生

1. 取組背景

コネクティッドカーの普及に伴い、車両状態や車両周囲環境などの情報を利活用した新たな価値創出に期待が高まっています。当社においても、車両搭載のエッジ端末から取得した車室内外の情報をクラウド上で解析することで、事故リスクを抽出し安全運転の管理をサポートするサービスの実現に取り組んでいます。このようなサービスではエッジ端末で車載カメラにより取得した画像情報から素早く車両周辺の物体を検出し、正確にその状態や状況を判断する技術が必要になります（図1）。今回、これらの要求に応えるためにエッジ端末上で動作する軽量で高性能な通信型ドライブレコーダ向けのAI/画像認識技術を開発しました。

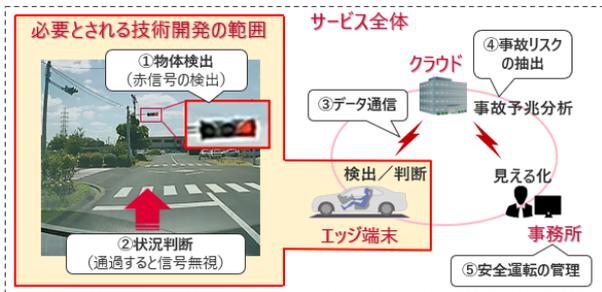


図1 技術開発の範囲

2. 取組内容

当社では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AIモデル（以下、CNN：Convolutional Neural Network）を保有しております¹⁾。今回はそのCNN資産を活用して物体検出と状況判断を総合的に行うアルゴリズムを開発し、車間距離検知と信号無視検知の機能のSoC（System on a Chip）への実装を実現しました（図2）。

車間距離検知では、カメラ画像から前方の車両を物体検出し、その車両までの距離算出とその距離が適切

かどうかの状況判断をします。信号無視検知ではカメラ画像から対象となる信号を物体検出し、その信号が赤信号であるかの状態把握とその信号を通過したかの状況判断をします。



図2 技術開発の概要

2.1 AIの位置づけ

AI技術をSoCに実装する場合は、SoC要件に合うようにCNNモデルを軽量化する必要があります。今回の信号無視検知では物体検出のみをAIにて実施し、状態把握や状況判断に関しては処理負荷の軽いルールベース（以下、RB⁽¹⁾）とすることで処理全体の軽量化を実現しました（図3）。この構成は車間距離検知でも同様となります。

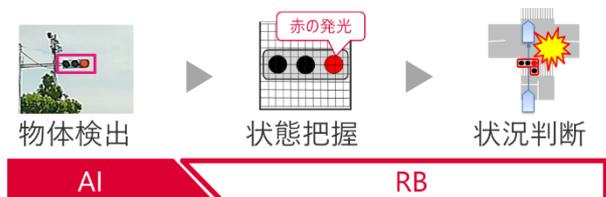


図3 AIの実施範囲について

図3の構成とした理由は処理全体の軽量化以外に二つの理由があります。一つは性能を設計に織り込みやすいという点です。まず、物体検出では当社が保有するCNN資産によりその性能を最大限に活用できます。また、状態把握や状況判断について、RBでは判断ルールが明確化されていますので、安心・安全の観点から

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。

重要度の高い機能に対する信頼性を設計に織り込むことが可能となります。もう一つは AI を使うことによるリスクです。状態把握や状況判断を AI で実施する場合は、モデル構成や学習の条件がより複雑になることに加え、人間でも難しいとされる状態や状況の判断を AI に任せるといことになり、それは判断根拠に関する説明責任の観点から一定のリスクとなります（AI のブラックボックス問題）。以上の理由により、物体検出を AI、状態把握/状況判断を RB という構成にしました。

2.2 開発目標

本開発における性能目標は、実走行シーンにおいて一般的に安全運転とされるケースを想定し、理論値や性能限界を考慮して表 1 のように設定しました。特に信号無視の誤報率に関しては、ドライバーの不満に直結しますので 10%以下という高い目標に設定しました。

表 1 性能の目標値について

開発機能	性能項目	現状(なりゆき)	目標
車間距離検知	距離誤差(30m先ターゲットにて)	±10m(MAX)	±4.8m以下 (※1)
信号無視検知	赤信号無視の誤報率	20%以上	10%以下 (※2)
SoC実装	動作周期(処理負荷)	500ms以上	100ms以下 (※3)

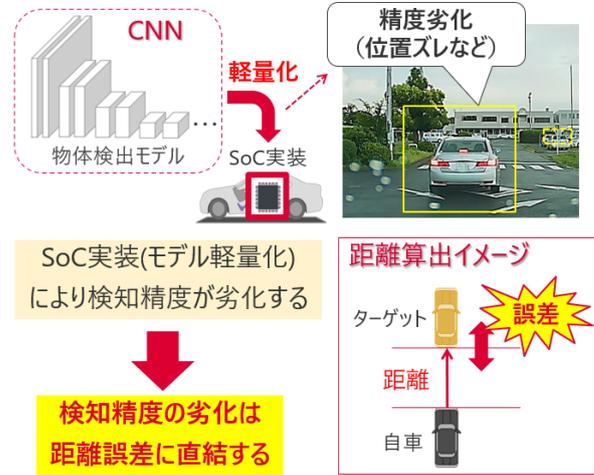
(※1)一般的な安全車間距離(摩擦係数0.8)より理論値より設定
 (※2)実走行シーンにて複雑な交差点など性能限界を考慮して設定
 (※3) SoC制約を考慮したシステム要求より設定

3. 工夫点・アピールポイント

今回のアルゴリズム開発における課題は二つあります(図 4)。一つは CNN モデルを SoC に実装する際に「CNN の検知精度が劣化する」(課題①)ということです。これは車間距離検知機能において、距離誤差の発生に繋がります。もう一つは「市場⁽²⁾を想定した判断ロジックがない」(課題②)ということです。これは信号無視検知機能において、判断ルールを決めすぎると汎用性がなくなり、正しい判断ができないケース(交差点)が発生する可能性があります。例えば、正面の赤信号に向かって進むと信号無視である、という判断ルールがあった場合に、きれいな十字形状の交差点シーンであれば正しい判断となりますが、交差点直前でカーブしているシーンなどでは交差道路側の非対象信号が正面に見えているケースも考えられ、この場合は間違った

判定となる可能性があります。このようなことを起こさないようにするために、市場のさまざまなシーンに対応するための判断ルールの作成に工夫が必要になります。

課題①：CNNの検知精度が劣化する



課題②：市場を想定した判断ロジックがない

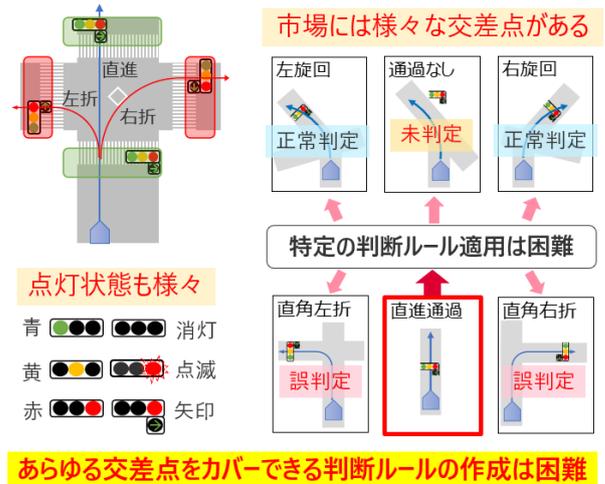


図 4 取組課題について

3.1 課題①「CNNの検知精度が劣化する」への対応

CNN モデルは優秀な物体検出器ですが、SoC に実装するためには軽量化が必要になります。一般的な軽量化手法としてはモデル入力サイズを縮小する、CNN を構成する畳み込み層のパラメータを枝刈りする(Pruning) などがあります。これらの軽量化は実装するモデルサイズを小さくする代わりに一定の精度劣化を引き起こしてしまいます。具体的には、物体の検出位置のズレや、瞬時的な物体の未検出などが発生します。

車間距離検知機能では、物体までの距離はカメラ画像上の検出位置から透視投影変換処理により算出します。そのため、物体の検出位置のズレは、前方車に対する「距離の誤差」や前方車の「未検出」といった問題になります。そこで上記問題の原因である、物体の検出位置のズレや未検出に対応した「追従処理」を開発しました（図5）。

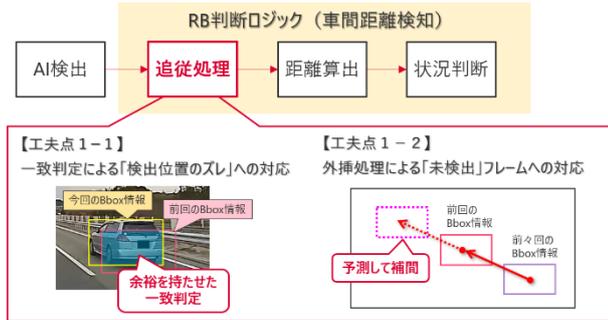


図5 追従処理について

車間距離検知（信号無視検知も同様）において、車両などの物体を時系列で追従し、CNNにより検出された物体はバウンディングボックス（以下、Bbox）と呼ばれる矩形領域に変換しその位置情報を付与します。時系列に追従する際の前後フレーム間でのBboxの一致判定に余裕を持たせることで位置ズレを吸収し、距離の誤差を抑制する仕組みとしました（図5、工夫点1-1）。また、過去フレームのBboxの位置情報をもとに次に検出される位置を予測することで、瞬時的に検出されないフレームへの補間処理（外挿処理）を実施し未検出に対応する仕組みとしました（図5、工夫点1-2）。これらの工夫により、開発した追従処理では前方車に対する「距離の誤差」を抑制し、前方車の「未検出」があっても時系列で同一の車両として追従できるようになりました。

3.2 課題②「市場を想定した判断ロジックがない」への対応

信号無視検知機能においては、信号を検出するだけでなく、それが何色に点灯しているのかの状態を把握し、自車がどのように信号を通過したかなどの状況を判断する必要があります。これら信号の状態や状況は市場の交差点においてさまざまなケースが想定されますの

で、全ての組み合わせをルールとして記述することは困難です。そこで本開発では信号の状態（色判定）と、車と信号の相対位置の変化（動き推定）の2視点で機能を分解し、それぞれに個別で判断基準を設け、それらを総合的に状況判断することで、ルールを限定する構成としました（図6）。本節では市場適合の観点から交差点形状に大きく依存する「動き推定」に関する工夫点について説明します。



図6 動き推定について

市場にはさまざまな交差点や信号が存在します。例えば、交差点を右折するシーンにおいて、カメラ画像上では横に逃げていくように見える信号もありますが、赤信号を自車が真っすぐに通過するもののみを対象信号と特定することで確実なものだけを判定する仕組みとしました（図6、工夫点2-1）。また、大きな交差点では、右折先の非対象となる信号に対して単純な通過判定だけでは赤信号無視の誤判定となってしまいます。そこで、交差点で曲がった（カーブ推定）という情報を利用し、その先の信号は信号無視判定を除外するなど、非対象信号の誤判定を抑制する仕組みを取り入れました（図6、工夫点2-2）。このような動き推定により、想定される交差点通過シーンにおいて、赤信号無視の正確な検出と誤報抑制を両立できる判断ロジックを構築しました。

4. まとめ・今後の展開

開発した機能の目標に対する開発成果は表2の通りです。実機として処理性能1.5TOPS^{*(3)}程度のSoCに対して、車間距離検知と信号無視検知の機能の実装を実現することができました。

表2 目標に対する開発成果

開発機能	性能項目	現状(なりゆき)	目標	開発成果	評価
車間距離検知	距離誤差 (30m先ターゲットにて)	±10m(MAX)	±4.8m以下	±3.87m	○
信号無視検知	赤信号無視の誤 報率	20%以上	10%以下	0.1%	○
SoC実装	動作周期 (処理負荷)	500ms以上	100ms以下	88.3ms	○

今回、車両と信号に対する AI/画像認識技術を開発しました。今後はさらなる性能改善や機能拡張をしていくとともに、道路標識など車両周辺のその他の物体の認識技術への活用を考えています。引き続き、AI と RB の特性を最大限に活かした画像認識技術の開発を推進していきます。

参考文献

- 1) デンソーテン テクニカルレビュー Vol.4 2022/10
“組み込み機器向け軽量・高性能エッジ AI 技術の開発”
<https://www.denso-ten.com/jp/technicalreview/vol4/3/index.html>

- * (1) RB (ルールベース)
人間の経験則などから決められた手順により判断する手法
- * (2) 市場 (しじょう)
当社のドライブレコーダ製品が活用される実場面の総称
- * (3) TOPS
1 秒間に 1 兆回命令を処理する性能