Recognition of Driving Environment Using Deep Learning

G19601
Ashish Adhikari
Hiraishi Lab.

Copyright © Hiraishi Lab.

はじめに

- 道路上のドライバを支援すべく、最新の技術が搭載されている車両が多く存在し、それらには深層学習が使われている。
- 速度制御通知、車線維持、急加速検出などのような技術がある。
- 同時に、自動運転車はコストの面から、全てのユーザが手に入れるのが困難な状況もある。
- 自動運転が普及するまで、気軽に手に入れられるようなドライバーを支援するシステムが必要。

Copyright © Hiraishi Lab.

目的

- スマートフォンベースの運転支援システムの実現
- リアルタイムに道路状況を認識し、運転者に通知するシステムの設計

Copyright © Hiraishi Lab.

本研究のアプローチ

- スマートフォンによるオブジェクト検出の実現
- オリジナルデータセットからのオリジナル深層学習モデルの開発。
- 画像解析ベースのスマートフォンアプリケーションとドライバーを支援するデータセットモデルの提案。
  - 3種類のデータセットの提案。
- Androidアプリにリアルタイム検出用のモデルを適用し検証。

Copyright © Hiraishi Lab.

Caffe

- University of California, Berkeley在籍中に Yangqing Jiaが開発
- オープンソース深層学習ライブラリ
- 利用シーン
  - 画像分類
  - シーン認識
  - 物体検出
  - 領域分割　など
- Yangqing Jia, et al. (2014)

Copyright © Hiraishi Lab.

MobileNets

- Google Inc. が開発した効率的な 28 layers CNNアーキテクチャ
- 特徴は
  - モデルサイズが小さい
  - 処理速度が速いこと.
- Depthwise separatable convolutionをベースとしている
- Width multiplier と Resolution Multiplierによって精度と軽さを考慮している
- Andrew G. Howard et al.(2017)

Copyright © Hiraishi Lab.

SSD-Single Shot Multibox Detector

- University of North Carolina at Chapel Hillノースカロリーナ大学シャペルヒール校, Zoox Inc., Google Inc., University of Michigan at Ann-Arbor チームが開発したdeep neural network framework.
- VGG16(Oxfordnet)を使用してfeature maps抽出
- 畳み込みフィルタを使用し物体検出.
- マルチスケールのフィーチャマップとデフォルトバウンディングボックスを組み合わせて、様々なスケールとアスペクト比でオブジェクトを検出
- Wei Liu, et al.(2016)

Copyright © Hiraishi Lab.

MobileNetSSD

- Mobilenet SSDは、バウンディングボックスで囲まれた画像を、カテゴリベースに計算するEndToEndオブジェクト検出モデルである。
- MobilenetがベースになるSSD (SingleShotDetector) の物体検出フレームワーク。
- SSDにMobilenetを使用することによって最適化された高速物体検出が実現される。
- Wei Liu, et al.(2016)
- Andrew G. Howard et al.(2017)

Copyright © Hiraishi Lab.

システムアーキテクチャ

Copyright © Hiraishi Lab.

システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャは主に4つのセクションで構成されています。

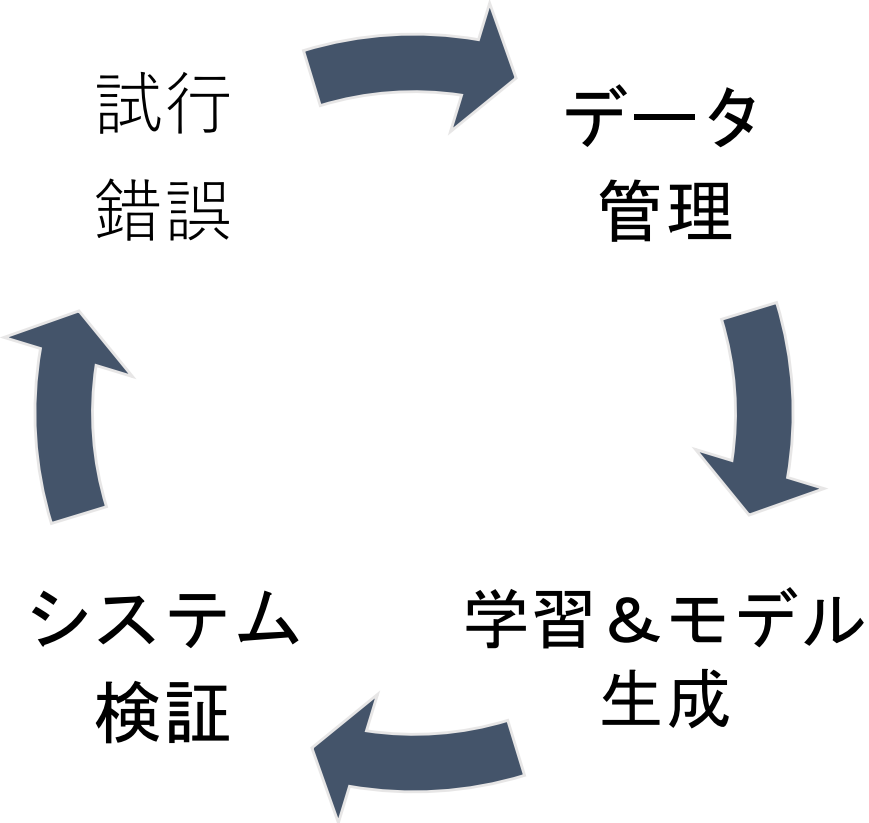


図1 システムアーキテクチャ

Copyright © Hiraishi Lab.

データ管理

Copyright © Hiraishi Lab.

データセット

Data collection

- 図２のようにPhone１と２を車両に設置し運転動画を撮影した。
- 撮影後、動画から写真を取り出しイメージデータセットとして使用している。
- 実際に撮った動画以外に、インターネットからダウンロードした画像も使用している。

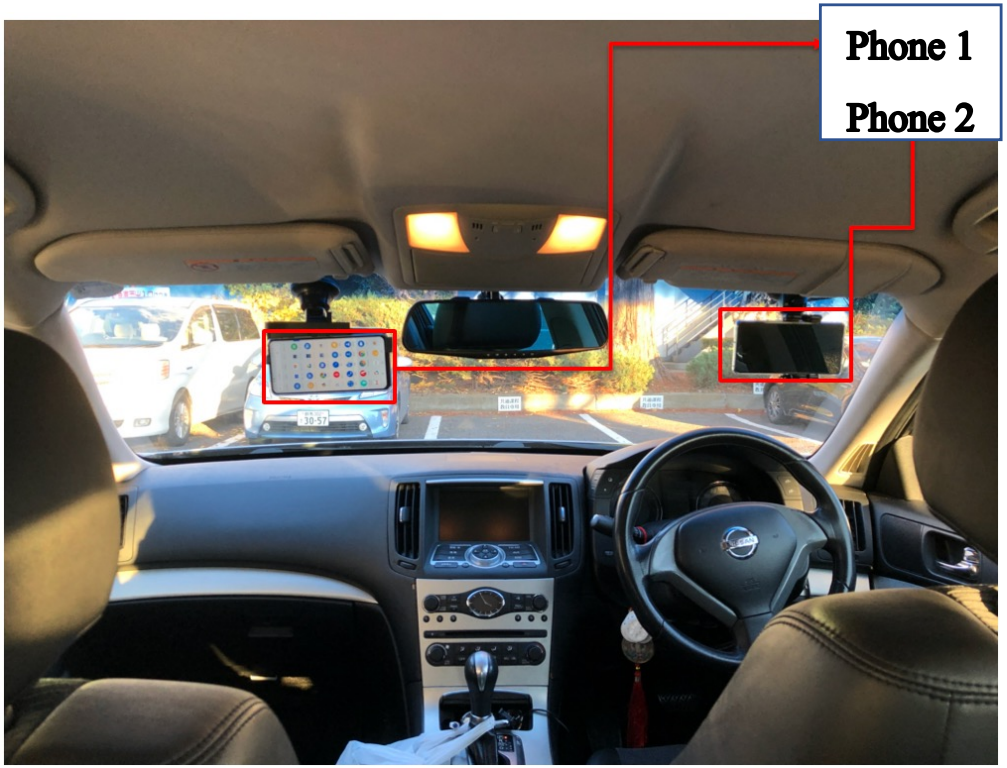


図２　データ収集

Copyright © Hiraishi Lab.

ベースデータセット

- Pascal VOC Challenges 2005-2012のために作成されたデータセット
- Visual Object Challenge(VOC) データセット
  - 11,530枚画像
  - 20 クラス
- University of Oxford, Department of Engineering Science, Information Engineeringが開発し、公開
- Mark Everingham, et al. (2014)

Copyright © Hiraishi Lab.

VOC データセット

図３　VOCデータセット例

Copyright © Hiraishi Lab.

Visual Object Challenge(VOC)

表1　VOC データセット

VOC　データセット	
Aeroplanes	Dining tables
Bicycles	Dogs
Birds	Horses
Boats	Motorbikes
Bottles	People
Buses	Potted plants
Cars	Sheep
Cats	Sofas
Chairs	Trains
Cows	TV/Monitors

Copyright © Hiraishi Lab.

使用データセットの違い

- VOC dataset
  - 11530 画像
  - VOC オリジナルデータセット
- Proposed dataset-1
  - 3351 画像
  - インターネットからダウンロードした画像がメイン
- Proposed dataset-2
  - 14881 画像
  - VOC データセットイメージとProposedデータセット 1 の画像
- Proposed dataset-3
  - 30610 画像
  - 実際の道路上の画像と前データセットのイメージ

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-1

表2　Proposed dataset 1

Proposed dataset 1	
Ambulances	People
Bicycles	Train crossing
Birds	Traffic Signs
Buses	Tractor
Cars	Traffic lights
Cats	Trains
Dogs	Trams
Fire trucks	Trucks
Guardrails	Vans
Motorbikes	Crosswalk

追加クラス:
Ambulance, Fire trucks, Guardrails, Traincrossing, Traffic Signs, Tractor, Traffic Lights, Trams, Trucks, Vans, Crosswalk.

外したクラス：
Aeroplanes, Boats, Bottles, Chairs, Cows, Dining tables, Horses, Potted Plants, Sheep, Sofas, TV/Monitors

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-1

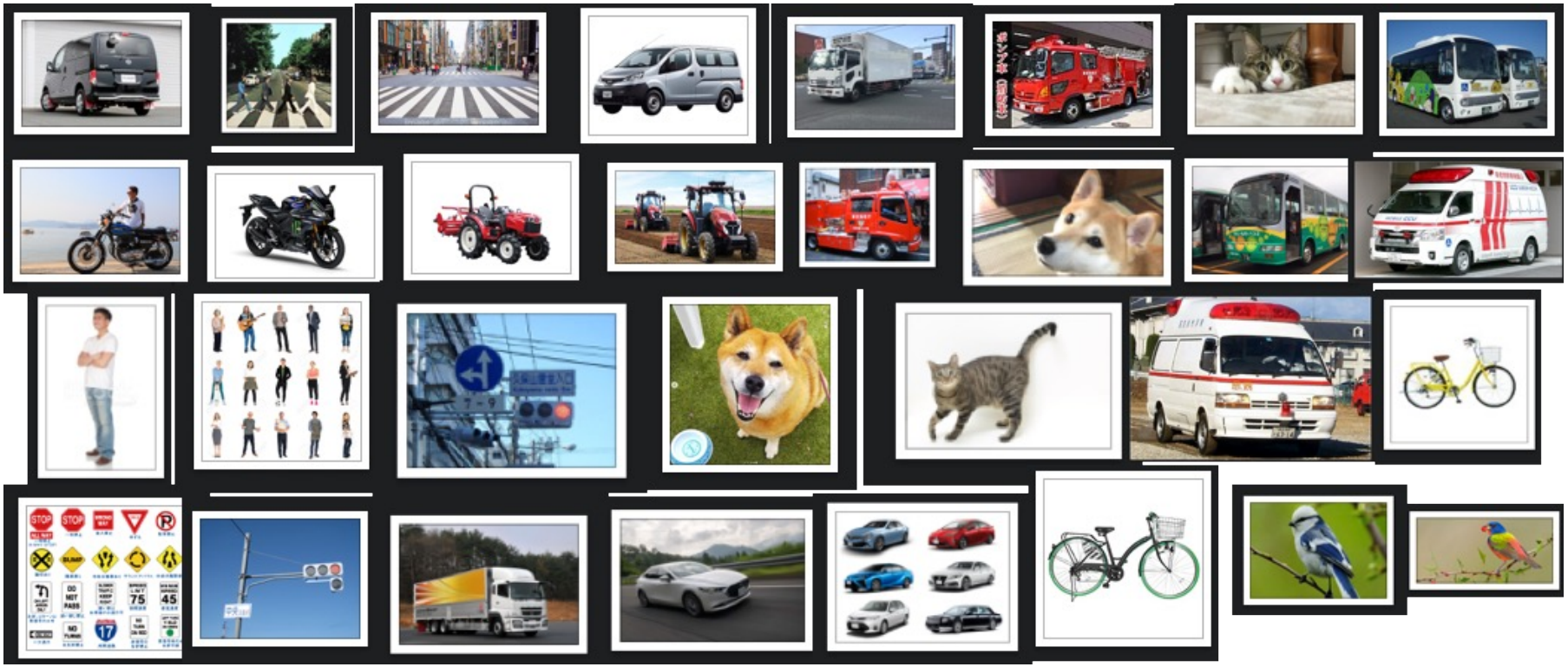


図4　Proposed データセット1例

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-2

Table 3　Proposed dataset-2

VOC0712	
Aeroplanes	Dining tables
Bicycles	Dogs
Birds	Horses
Boats	Motorbikes
Bottles	People
Buses	Potted plants
Cars	Sheep
Cats	Sofas
Chairs	Trains
Cows	TV/Monitors

追加クラス	
Ambulance	pcred
Fireengine	tlgreen
Roadsign	tlred
Tractor	tlyellow
Trafficlight	
Truck	
Zebracrossing	
Tomaresign	
Crossingaheadsign	
pcgreen	

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-2

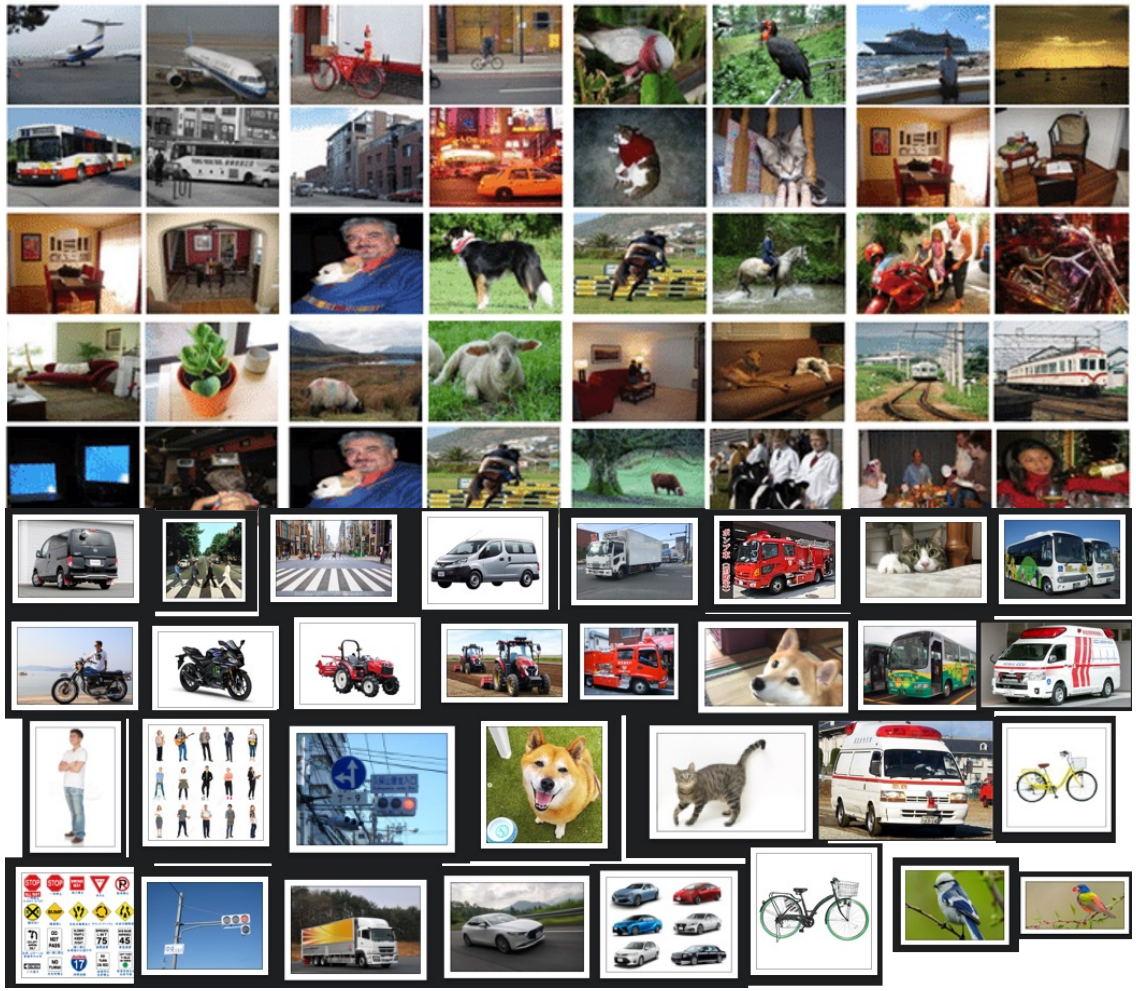


図5　Proposed データセット2例

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-3

表4 Proposed dataset-3

VOC	
Aeroplanes	Dining tables
Bicycles	Dogs
Birds	Horses
Boats	Motorbikes
Bottles	People
Buses	Potted plants
Cars	Sheep
Cats	Sofas
Chairs	Trains
Cows	TV/Monitors

追加クラス
Ambulance
Fireengine
Roadsign
Tractor
Trafficlight
Truck
Zebracrossing
Tomaresign
Crossingaheadsign

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-3

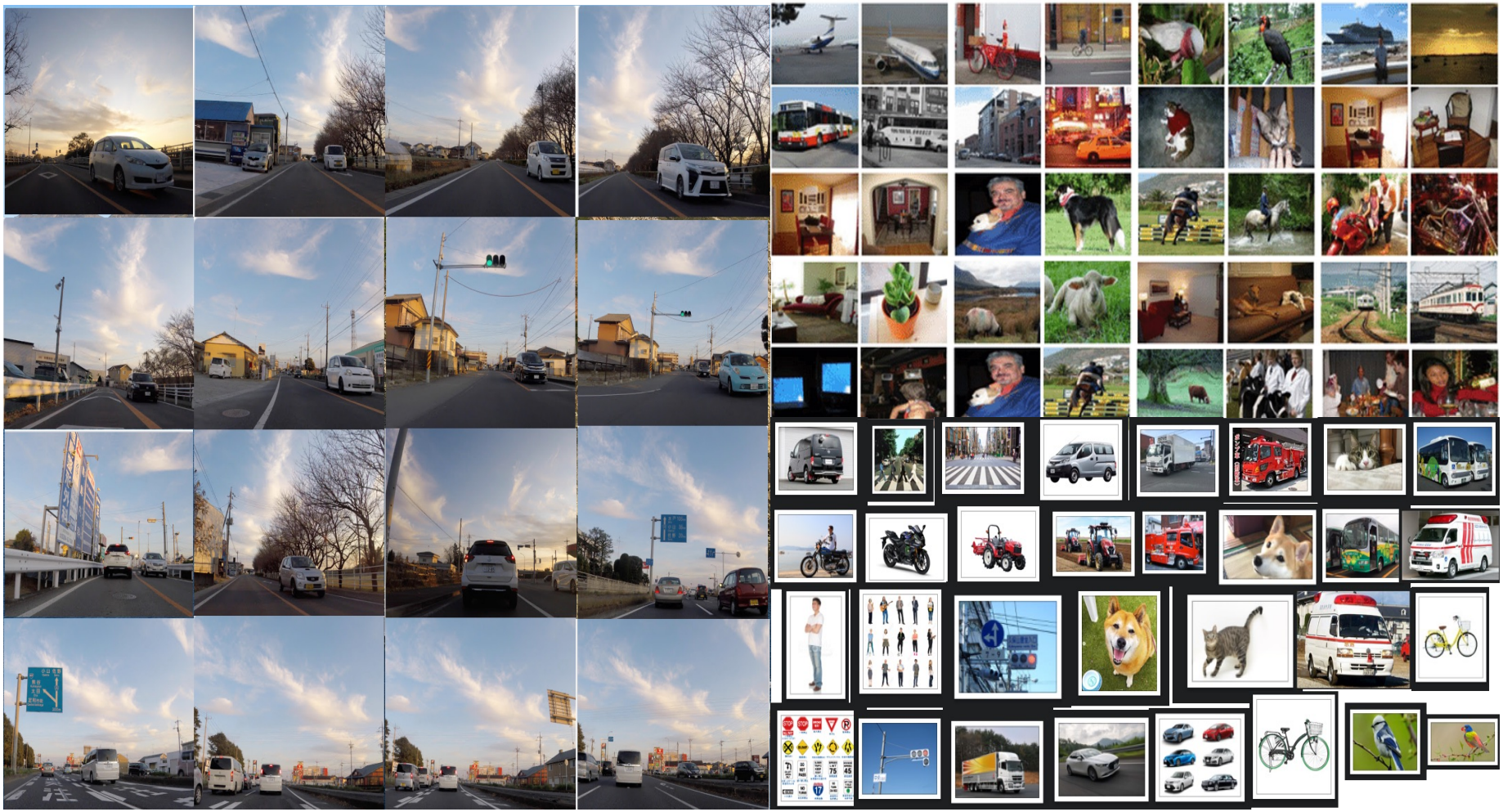


図6　Proposed データセット3例

Copyright © Hiraishi Lab.

Proposed dataset-3

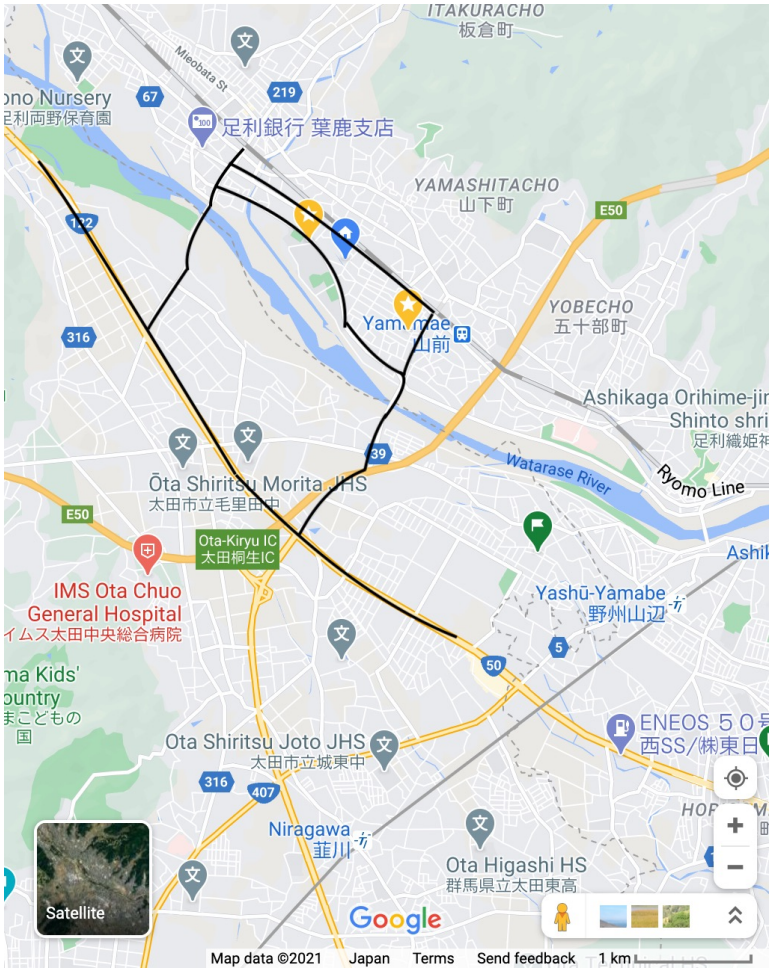


図7　データ収集地図

Copyright © Hiraishi Lab.

アノテーション

Copyright © Hiraishi Lab.

画像アノテーション

- アノテーションツール：LabelImg 。
- バウンディングボックスアノテーション方式が適用。
- アノテーションファイルは.xml形式で保存される。

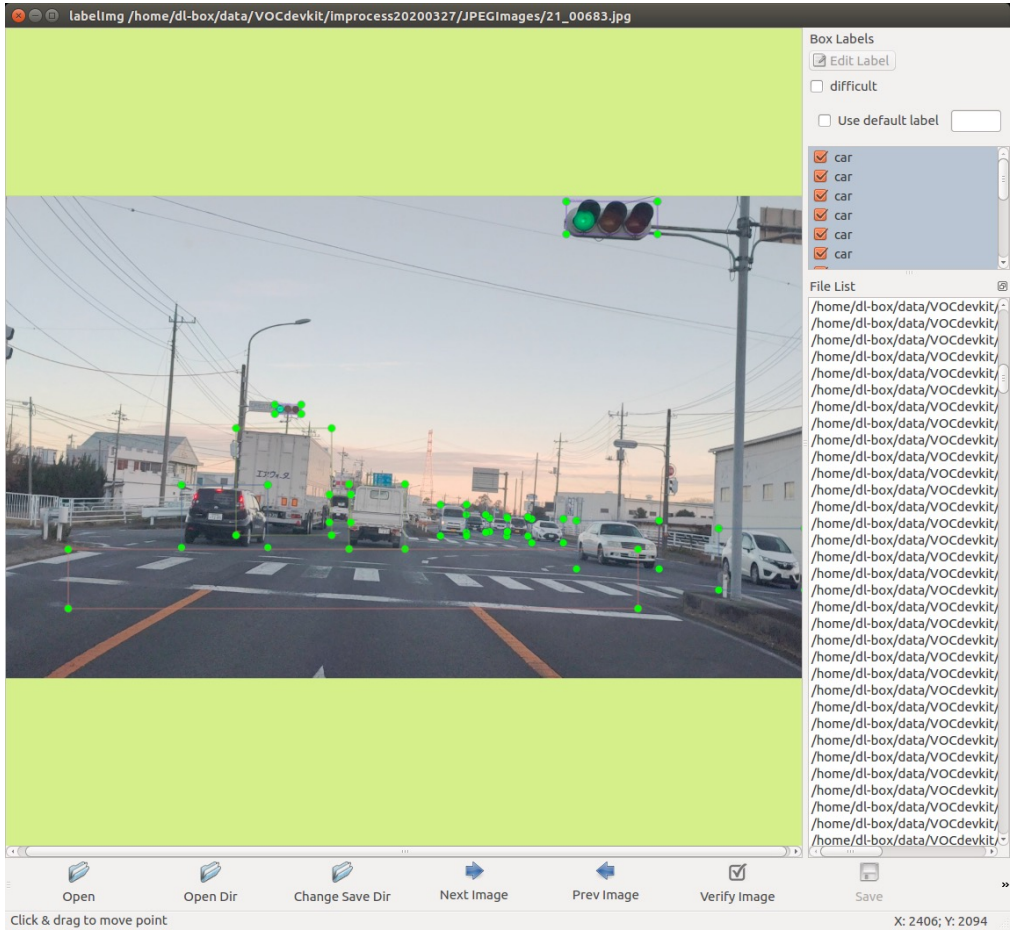


図8 アノテーションツール

Copyright © Hiraishi Lab.

アノテーションサンプル

```xml
<annotation verified="yes">
    <folder>JPEGImages</folder>
    <filename>21_00684.jpg</filename>
    <path>/home/dl-box/data/VOCdevkit/improcess/JPEGImages/21_00684.jpg</path>
    <source>
        <database>Unknown</database>
    </source>
    <size>
        <width>2873</width>
        <height>1717</height>
        <depth>3</depth>
    </size>
    <segmented>0</segmented>
    <object>
        <name>car</name>
        <pose>Unspecified</pose>
        <truncated>0</truncated>
        <difficult>0</difficult>
        <bndbox>
            <xmin>2058</xmin>
            <ymin>1156</ymin>
            <xmax>2352</xmax>
            <ymax>1328</ymax>
        </bndbox>
    </object>
    <object>
        <name>car</name>
        <pose>Unspecified</pose>
        <truncated>0</truncated>
        <difficult>0</difficult>
        <bndbox>
            <xmin>2564</xmin>
            <ymin>1184</ymin>
            <xmax>2869</xmax>
            <ymax>1403</ymax>
        </bndbox>
    </object>
    <object>
        <name>car</name>
```

図9 アノテーションサンプル

Copyright © Hiraishi Lab.

トレーニングとモデル生成

- SSD（Single Shot MultiBox Detector）フレームワーク上の事前に編成されたMobileNetアーキテクチャを使用し、データセットをトレーニング。
- MobileNet-SSDは、計算能力が不足しているモバイル系デバイスに最適している。
- トレーニングをするために解析データをlmdb形式にしなければならない。
- トレーニングに長時間かかったが、生成したモデルは軽く73000 iterationsで23.3MBだった。

Copyright © Hiraishi Lab.

デバイス詳細

- 計算機

OS	:	ubuntu 16.04 LTS
CPU	:	Xeon E5-1620v4 4core/8thread 3.5GHz
GPU	:	NVIDIA GeForce GTX 1080Ti 11GB
M/B	:	Intel x99Express Chipset
Memory	:	64GB (DDR4) Quad-Channel

- Android端末

  Huawei P30

Copyright © Hiraishi Lab.

学習手順

- データセットを用意
- データの定義
- VOCファイルフォーマットに変換
- lmdbを生成
- 学習
- モデルファイルの生成

Copyright © Hiraishi Lab.

検証

- 検証にはAndroid端末を使用している。
- 本研究で使用されたAndroidアプリケーションには構成定義するdeploy.prototxtと検出するためのcaffemodelが必要になる。 deploy.prototxtにはクラスデータが存在る。
- 学習後、caffemodelが生成され、後々物体検出や認証に使用される。
- 未検出の物体がある場合未検出物の画像等を取り出し再学習をかけるようにした。

Copyright © Hiraishi Lab.

実験方法

- 検証のため録画スクリンを３分割し実験を行った。
  - Lower layer
    - 黄色い線より下
    - カメラから約２０メートル
  - Middle layer
    - 黄色と赤い線の間
    - カメラから約５０メートル
  - Upper layer
    - 赤い線より上
    - カメラより５０メートル以上

図10　画面分割

Copyright © Hiraishi Lab.

実験

- 一車線と二車線それぞれの画像10枚ずつを集めた。
- 集めた画像を液晶モニタに表示。
- 液晶モニタに表示される画像をテーブルに設置されたAndroid端末のアプリに認識をさせる。
- 液晶画面に表示されたものをAndroid端末を利用して解析を行った。
- 学習時に生成されたモデルをAndroidアプリケーションに組み込み検証に使用した。
- 実験は学習済みのモデルと本研究で生成したオリジナルモデルを使用し行った。

Copyright © Hiraishi Lab.

結果

Copyright © Hiraishi Lab.

結果 – VOC

VOC dataset

Table 5　1車線　(%)

	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	5.6	50.0	50.0	35.2
FALSE	0.0	3.4	1.7	0.017

Table 6　2車線　(%)

	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	12.5	37.5	71.4	40.47
FALSE	5.0	5.0	0.0	3.3

Copyright © Hiraishi Lab.

結果 – Proposed Dataset 1

Proposed dataset-1

Table 7　1車線　(%)

Detection	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	5.4	31.3	30.0	22.2
FALSE	6.2	20.2	30.0	18.8

Table 8　2車線　(%)

Detection	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	1.6	23.6	22.3	15.8
FALSE	17.1	15.1	43.2	25.1

Copyright © Hiraishi Lab.

結果 – Proposed Dataset 2

Proposed dataset-2

Table 9　1車線　(%)

Detection	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	14.8	61.1	87.5	54.5
FALSE	0	0.0	0.0	0

Table 10　2車線　(%)

	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	25.0	75.0	85.7	61.9
FALSE	0	0.0	0.0	0

Copyright © Hiraishi Lab.

結果 – Proposed Dataset 3

Proposed dataset-3

Table 11　1車線　(%)

	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	37.0	88.9	75.0	67.0
FALSE	3.4	0.0	0.0	1.13

Table 12　2車線　(%)

	Upper	Middle	Lower	Average
TRUE	45.8	94.4	85.7	75.3
FALSE	3.3	0.0	0.0	1.1

Copyright © Hiraishi Lab.

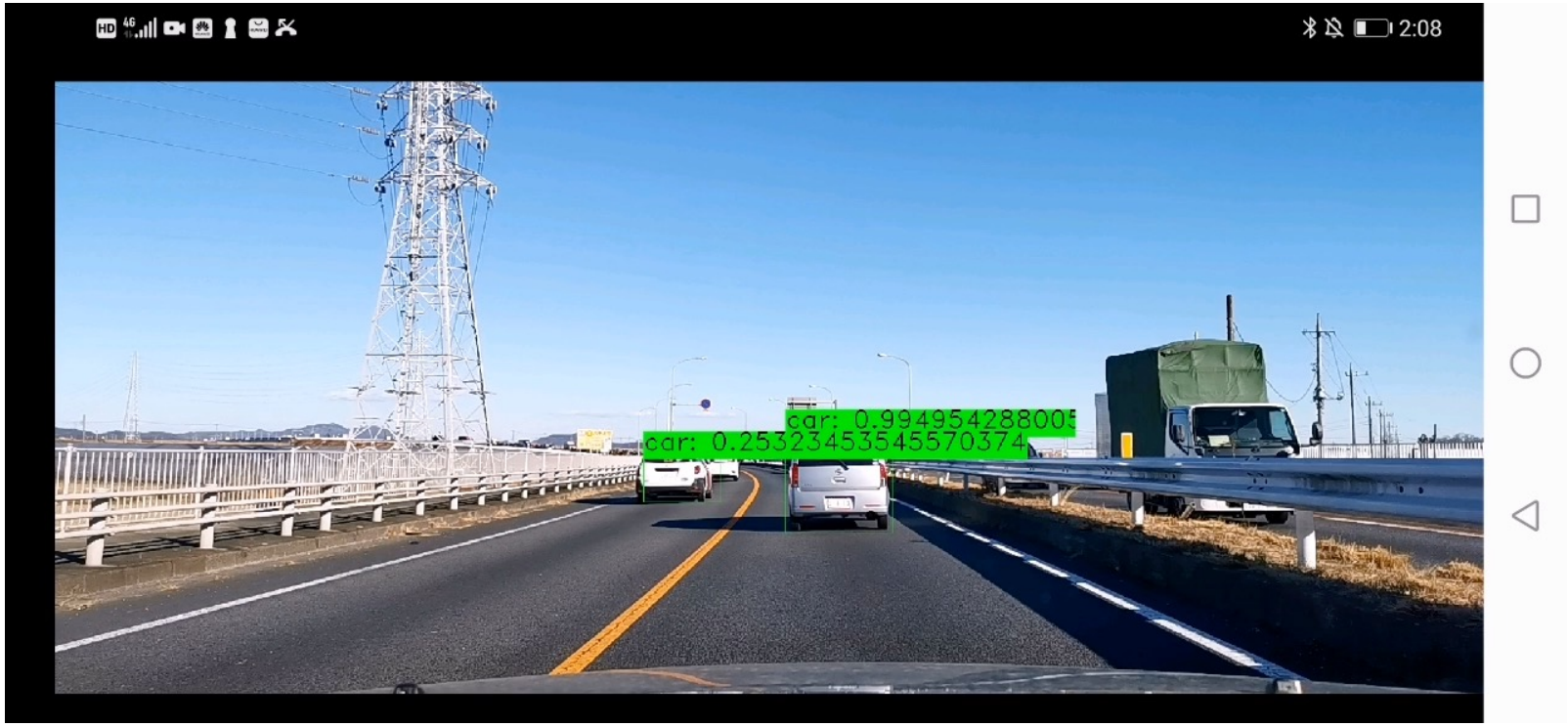
最良なデータセット

Proposed dataset-3

- アノテーションされた画像30,610枚を使用
- VOCに加え、他９クラスの提案
- 直接道路に関係する画像

Copyright © Hiraishi Lab.

デモ動画２車線



動画1 2車線デモ動画

- データセットに含まれていない国土５０号道路での実装
- 36.28514984817695,139.51591539022368～36.29008046366285 4,139.52589729875734の間の約0.6km

Copyright © Hiraishi Lab.

デモ動画　信号待ち

動画2 信号待ち

Copyright © Hiraishi Lab.

まとめ

- 他と比べるとProposed dataset -3の精度が圧倒している。
- 50m以上(Upper Layer)の検出は低く45.8%だった。
- 1車線に比べて２車線の精度が良かったのは視野が広く車両以外のものが少なかったためである。
- Proposed dataset-3に比べてVOCデータセットの検出は半分に近かった。
- Upper Layerを外すときの検出精度は１車線に81.95%と２車線に90.05%だった。

Copyright © Hiraishi Lab.

関連研究

- In 2018, Dong In Lee and colleagues proposed an ADAS that interfaces with smartphones. The proposed system consists of a heads-up-display (HUD) and a driving information rear display (DIRD), and this configuration outputs information from the ADAS into the front and rear windshields. The HUD and DIRD help drivers operate their vehicles safely.
- In 2017 Sheetal Shivaji Pawar, developed a virtual android environment for vehicle collision avoidance. In this research, they are using vehicle to vehicle communication method for collision detection. This system gives warning to the vehicles in range of communication for collision prevention.

Copyright © Hiraishi Lab.

学会発表

- Adhikari Ashish, Hiraishi Hironori(2021) Recognition of Conditions of Driving Environment Using Deep Learning, Proceedings of The Twenty-Sixth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2021 (AROB 26th 2021) ISAROB, pp.29-32, 2021.1.
- Adhikari Ashish, Hiraishi Hironori(2020) Recognition of road conditions for driving support using deep learning, Proceedings of The Twenty-Fifth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2021 (AROB 25th 2020) ISAROB, pp.64-67, 2020.1.

Copyright © Hiraishi Lab.

ご清聴ありがとうございました

Copyright © Hiraishi Lab.