

山道自動運転をサポートする道路認知 AI と HD マップ自動生成システム

武田龍斗 竹内浩太 郭清蓮 殿岡武也 平野魁人 池田凌
金沢工業大学 情報工学科

1. はじめに

近年、自動運転に関連する研究と開発は着実に進んでいる。自動運転のために、周辺環境をリアルタイムに取得する必要がある。主な技術としては、画像処理、ミリ波レーダー、衛星測位システム、高精度 3 次元地理情報地図 (HD マップ) などが挙げられる。例えば、Baidu や Waymo、Cruise などの企業は、既にこれらの技術を組み込んだ車両を開発し、実験走行の段階に入っている。一般的に自動運転は、レベル 1~5 まで分類されるが、現在、自動車メーカーの研究は既にレベル 4 まで進んでいる。

自動運転の実験では、限られた地域の高速道路や一般道において、車の走行が行われる。自動運転車は、人間の相互作用を必要とせずに自立走行できる。そこで、車載カメラの映像からは道路のレーンマークをリアルタイムに認識できなければならない。例えば、米国の Waymo は、サンフランシスコにおいて、自動運転車による移動サービスの研究プログラムを進めている。この研究で、意図的に道が狭く、路上駐車、歩行者、自転車、バスなどの多いサンフランシスコを実験場所として選んだのは、自動運転にとってハードルが高い場所で行うことで、確実かつ実用的な自動運転ソフトを開発するためである。

最も先に自動運転が実用化される場所は、自動配達だと予想される。IT をリードするアマゾンも自動配達の研究実験を進めている。アマゾンは業務効率化とコスト削減のために、2021 年に新たな配送システムの特許を申請した。この配送システムは、拠点となる配達車から注文した人の家の玄関先まで、小型宅配ロボットが自律的かつ自動的に荷物を運んで届けることを目標としている。

2. 日本の山道

高齢化が著しく進んでいる日本では、Amazon 形式の自動宅配サービスが強く期待される。ただし、日本で行うには、その生活環境を考えなければならない。つまり、山地面積は約 75% を占めるため、比較的に山道が多いことを考慮しなければならない¹⁾。

走行環境と自動運転の難易度に関しては、まず、高速道路は、歩行者、対向車、信号などがいないため、自動運転が比較的实现しやすい。次に、一般道は、道が広く、平坦であるが、歩行者、車、標識、信号などがあるため、高速道路より難易度が高くなる。最後に、山道は、レーンマークが不鮮明な部分、落ち葉で隠れた部分、引かれていない部分があり、レーンマークを認識できないことがあるため、より難易度が高くなる。

また、山や樹木の影が明るさの変化をもたらすため、自動運転の難易度を上げている。表 1 は、山道における走行可能エリアの認識難易度を 1~8 のレベルに分けたものである。まず、季節的な変化を考えなければならない。落ち葉や雪によって路面が覆われる「秋」や「冬」は、路面認識の難易度が高く、それ以外の季節なら認識の難

易度が低いと考えられる。次に、対向車や並行車が存在する場合は、難易度が高く、存在しない場合は、難易度が低くなる。最後に、時間帯によって、走行可能エリアは、主に車のヘッドライトで照らされた範囲に依存する。

表 1 山道における走行可能エリアの認識難易度

走行可能エリア (路面) 認識難易度	季節の影響	他車の有無	時間帯
レベル1	春、夏	無	昼
レベル2	春、夏	無	夜
レベル3	春、夏	有	昼
レベル4	春、夏	有	夜
レベル5	秋、冬	無	昼
レベル6	秋、冬	無	夜
レベル7	秋、冬	有	昼
レベル8	秋、冬	有	夜

3. 研究の手法とプロセス

私たちの用いた研究手法について説明する。ニューラルネットワーク技術を用いて山道の画像から走行可能エリアを自動抽出し、認識する。また、走行可能エリアの抽出結果と車載カメラの視野情報、透視投影の原理などを利用することで、山道のレーンマークを表すポリゴン線を推測し、可視化を行う。具体的には、以下のプロセスで研究を進める。

- 自家用車と汎用カメラで山道を撮影し、映像データを保存する。
- 独自に開発したアノテーションプログラムを用いて、教師データやテストデータを作成する。
- 静止画像を自動分類するためのニューラルネットワークを構築し、自動分類の正解率を高めるための実験を行う。
- 映像データの各フレームに対して、小領域分割を行い、山道の走行可能エリア自動認識システムを構築する。

図 1 は、アノテーションプログラムの実行画面である。教師データは、走行不可能エリア (A) と走行可能エリア (B) の 2 種類に分けられる。

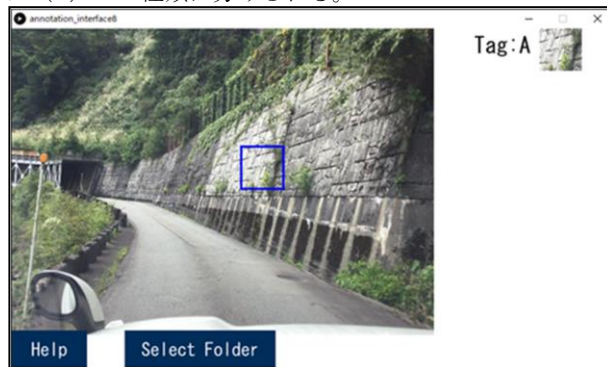


図 1 独自のアノテーションプログラム

Road recognition AI and HD map generation system supporting automatic driving on mountain roads
R. Takeda K. Takeuchi Q. Guo T. Tonooka K. Hirano R. Ikeda
Kanazawa Institute of Technology



図2 走行可能エリアと走行不可能エリアの仮想分類

4. 山道認識ニューラルネットワーク

図3は、私たちが独自に構築した画像分類のニューラルネットワークである。このネットワークは、中間層3層を含む5層で構築されている。入力層は、56×56ピクセルの画像データを扱うため、3136のノードがある。中間層は入力層側の第1層から順にノード数を784、196、49とした。出力層は、走行可能エリアと走行不可能エリアの2種類を分類するため、ノード数を2とした。下にはトレーニング画像とテスト画像がそれぞれ表示されるようになっている。トレーニングボタンを押すと約12000枚の全トレーニングデータを学習する。テストボタンを押すとランダムな200枚のテストデータでテストを行う。右下にはテストの正解、正解数、正解率が表示される。



図3 構築した画像分類ニューラルネットワーク

表2は、正解率の高かったパラメータでの集計結果である。正解率は、92~95%で安定していた。現時点での結果として、独自のニューラルネットワークを用いて、90%を超える精度で、静止画像を走行可能エリアと走行不可能エリアに分類することができた。

表2 成功率の集計結果

success rate 集計		中間層数	学習率	出力層	バイアスの値
中間層数	3	学習率	0.01	出力層	0.0
トレーニングデータ数	12348	出力層	0.0-1.0	バイアスの値	0.8
epochごとのテスト数	200	バイアスの値	-1.0-1.0		

epoch 数	試行回数										平均	最大	最小	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
20	0.92	0.93	0.92	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94			
40	0.92	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95			
60	0.93	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94			
80	0.92	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95			
100	0.92	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94			
平均	0.92	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95
最大	0.93	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94	0.95	0.95
最小	0.92	0.93	0.92	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.93

5. 領域分類システム

図4は、我々が独自の作成したもう1つのプログラムである。このプログラムでは、学習で得られた各パラメータの最適値を利用して、図3と同様の5層構造のニューラルネットワークも組み込まれている。このプログラムの指向的な機能として、1枚のフレーム画像を多

数の小さな領域に分割し、また、それぞれの領域に対して、判断・分類することができる。画面に示すように、左側のフレーム画像が、右側では7×10の領域に分割されている。それぞれの領域の大きさは56×56ピクセルである。そして、このプログラムに組み込まれたニューラルネットワークで判断した結果は、走行可能エリアは赤い四角、走行不可能エリアは白い四角で可視化されている。

今後の計画として、領域を分割する方法について研究する。例えば、1つの領域をさらに4分割して、それぞれに対してスケール変換と再分類を行う。これによって、より高い解像度で1フレームの画像を分類できるため、より高精度のレーンマーク推測が行えると考えられる。また、走行可能エリアの抽出結果と車載カメラの視野情報を利用して、山道のレーンマークの推測と可視化を行う。走行可能エリアと走行不可能エリアの境界部分がレーンマークになると考えると、図4のように走行可能エリアを上手く抽出できれば、図5のようにレーンマークとなるベクトル線（黄色線）を引くことができる。



図4 領域分類システム

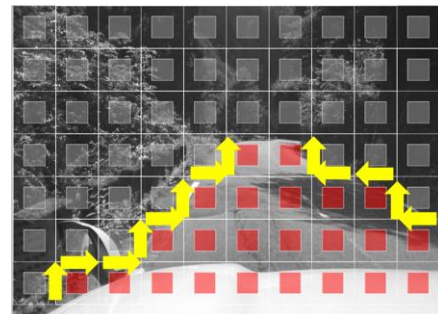


図5 レーンマーク可視化の想定図

6. まとめ

研究の第1段階として、独自の教師データとニューラルネットワークを用いて、走行可能エリアを高い精度で検出できるようになった。今後は、山道のレーンマークの推測と可視化を行う予定である。また、様々な地域や季節の山道を撮影し、より多くの状況に対応できるように教師データを増やし、ニューラルネットワークの改良を行いたいと考えている。そして、静止画像だけでなく、動画像に対してもリアルタイムにレーンマークを可視化できることを目指したい。

参考文献

[1] 国土院 “新版 日本国勢地図帳 2.自然 1.地形分類” .
https://www.gsi.go.jp/atlas/archive/j-atlas-d_2j_02.pdf,
 (参照 2021-10-05).