

深層学習を用いた道路舗装種別の画像判定モデルに関する基礎的研究

東京都市大学 学生会員 ○宇都宮 優喬

東京都市大学 正 会 員 今井 龍一

大阪経済大学 正 会 員 中村 健二

岩手県立大学 正 会 員 塚田 義典

日本工営株式会社 正 会 員 秋山 成央

東芝インフラシステムズ株式会社 正 会 員 熊倉 信行

1. はじめに

我が国では、専用機器または目視により道路の舗装種別毎の構造特性を踏まえた舗装点検¹⁾が実施されており、多くの費用や時間を要している。その対策として、近年、車両に取り付けた市販カメラで撮影した路面画像（以下、「車載カメラ画像」とする。）に深層学習を適用したひび割れ検出²⁾や、加速度計を用いた平坦性を評価する IRI 計測³⁾等の簡易的な道路維持管理の研究が進められている。しかし、これらの技術は舗装種別を考慮せずに、排水性舗装と密粒舗装の場所に対して同様のアルゴリズムを適用するため、誤判定や誤検出につながる可能性がある。解決策として、道路舗装種別の自動判定技術が挙げられるが、研究事例は見当たらない。

本稿は、深層学習を用いた道路舗装種別の画像判定の有用性を考察する。

2. 研究方法

本研究では、深層学習を用いて車載カメラ画像から道路舗装種別を判定する。具体的には、車載カメラ画像から教師データを作成し、道路舗装種別を判定する学習モデルを構築し、その有用性を検証する。

3. 道路舗装種別判定の学習モデルの構築方法の選定

本研究では、車載カメラ画像を用いた道路舗装種別の学習モデルを構築した（図-1 参照）。

(1) 道路舗装種別判定の全体像

図-1 は、車載カメラ画像を用いた道路舗装種別の判定の全体像を示している。舗装種別情報および車載カメラ画像から教師データを作成し、道路舗装種別を自動で判定する学習モデルを構築する。これにより、新たに撮影した画像を学習モデルに入力すると、道路舗装種別の推定結果が出力される。推定する道路舗装種別は、排水性舗装、密粒舗装およびその他の舗装の3種別とした（図-2 参照）。

(2) 深層学習を用いた画像処理技術の選定

本研究では、作成した教師データに対して深層学習を用いた画像処理技術を選定した。これは図-1 の学習モデルに該当する。深層学習を用いた画像処理は、主に Classification（画像分類）、Detection（物体検出）および Semantic Segmentation（画像領域分割）の3手法に分類される（表-1 参照）。Classification は、路面の画像を舗装種別毎にラベル付けして分類できる。Semantic Segmentation は、画像内の舗装面の領域を画素単位で判定できる。Detection は、対象物を矩形で検出するが、舗装面以外の物体を学習してしまう恐れがある。

以上より、本研究では、舗装種別判定の要件を満足する Classification を採用した。

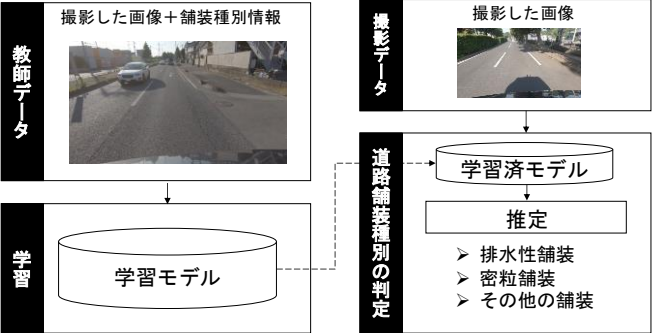


図-1 道路舗装種別判定の全体像

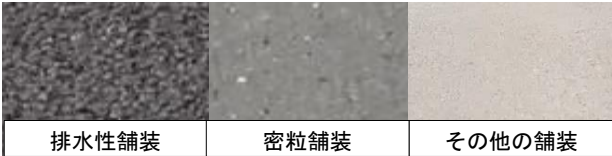


図-2 道路舗装種別のイメージ

表-1 深層学習を用いた画像処理技術

手法	Classification (画像分類)	Detection (物体検出)	Semantic Segmentation (画像領域分割)
	路面状態を分類	車両と人を検出	道路上の対象物を領域指定
イメージ			
説明	指定されたクラスに対して画像が何かを識別する手法	画像内のどこに何の対象物があるのかを識別する手法	画像内の物体を画素単位で識別する手法
ネットワーク	CNN	R-CNN, SSD, YOLO	FCN, SegNet, UNET

4. 道路舗装種別判定の有用性の検証

本稿では、作成した教師データに対して Classification を適用し、道路舗装種別判定の有用性を検証した。

(1) 教師データの作成条件

車両後方部に取り付けたビデオカメラおよびアクションカメラを用いて撮影した動画を教師データとした。教師データは、晴れの日の数日間に東北地方や関東地方の国道および県道の一部区間で撮影した動画から作成した (表-2 参照)。

(2) 学習モデル

本研究で適用した Classification のネットワークは、特徴を抽出する畳み込み層を 16 層、全結合層を 3 層持った畳み込みニューラルネットワーク (CNN) である VGG19 を模倣して構築した。チャンネル数は、識別する特徴を多く認識させるため、3 チャンネル (RGB) に設定した。学習回数は、最大 2,000 回とし、学習モデルの出力結果と正解との誤差を算出した数値である損失関数が一定となり、識別精度が高い時点の学習回数を用いた。

(3) 検証方法

作成した教師データに対して表-2 に示した画像サイズおよび画像変換の 2 項目の精度を検証した。画像サイズは、撮影したフル HD (1,920×1,080pix) の画像を異なるサイズに変換した。画像変換は、教師データを左右反転させたケースおよびコントラスト変換させたケースである。左右反転では、通常の撮影でカメラを上下反転して設置することはないため、画像に対して左右反転のみを実施した。コントラスト変換のケースでは、カメラ機種の影響を考慮し、コントラストの強調、低減およびガンマ変換を実施した。コントラスト変換では、輝度値 205 以上を強調、輝度値 50 以下を低減とし、カメラの撮影パラメータが異なる場合を想定した。ガンマ変換では、 $\gamma=1.5$ および $\gamma=0.75$ の変換を実施し、カメラの画質が異なる場合を想定した。

評価方法は、適合率、再現率および F 値を用いて評価した。適合率は、モデルが予測したデータのうち実際に正解であるデータの割合である。再現率は、正解であるデータのうちモデルでも正解と予測した割合である。F 値は、適合率および再現率の調和平均の算出結果であり、1.00 に近いほど高い識別精度であると評価する。

(4) 検証結果

画像サイズは、フル HD の画像を 512pix 四方および 1,080pix 四方に変換した画像のケースが高精度に識別

表-2 教師データの概要

No.	カメラ	舗装種別	天候	ひび割れ	No.	カメラ	舗装種別	天候	ひび割れ
1	4K ビデオカメラ (SONY)	排水性	晴れ	有	6	アクションカメラ (GoPro)	排水性	晴れ	有
2		排水性		無	7		排水性		無
3		密粒		有	8		密粒		有
4		密粒		無	9		密粒		無
5		その他	該当なし		10		その他	該当なし	

表-3 検証項目及び学習結果

検証項目	ケース	学習回数	損失関数 (%)	舗装種別	教師データ			検証データ		
					適合率	再現率	F 値	適合率	再現率	F 値
画像サイズ	96pix 四方	250	0.38	排水性	0.96	0.85	0.90	0.93	0.86	0.90
				密粒	0.87	0.97	0.92	0.87	0.94	0.90
	256pix 四方	150	0.16	排水性	0.99	0.97	0.98	0.92	0.93	0.93
				密粒	0.97	0.99	0.98	0.93	0.92	0.93
	512pix 四方	330	0.06	排水性	0.99	1.00	0.99	0.94	0.96	0.95
				密粒	1.00	0.99	0.99	0.96	0.94	0.95
	768pix 四方	230	0.04	排水性	0.97	1.00	0.98	0.89	0.97	0.93
				密粒	1.00	0.97	0.98	0.96	0.88	0.93
画像変換	1080pix 四方	200	0.07	排水性	0.99	1.00	0.99	0.93	0.97	0.95
				密粒	1.00	0.99	0.99	0.96	0.93	0.95
	変換なし	140	0.14	排水性	0.98	1.00	0.99	0.94	0.96	0.95
				密粒	1.00	0.98	0.99	0.96	0.94	0.95
	左右反転	140	0.21	排水性	0.97	0.99	0.98	0.92	0.96	0.94
				密粒	0.99	0.97	0.98	0.96	0.92	0.94
	左右反転+コントラスト変換	発散		排水性	なし					
				密粒						

できた。画像変換の左右反転は、識別精度に影響を与えないと確認できた。また、画像変換のコントラスト変換は、学習回数を増やしたケースでも学習に失敗してしまい損失関数は大きくなり、識別精度が収束せずに発散した。そのため、画像変換では、教師データを必要以上に変換してしまうと、学習結果に悪影響を及ぼす可能性があることを確認した。

以上より、教師データを多様に変換したケース以外では、F 値が 0.90 以上であるため Classification を用いた道路舗装種別の画像判定モデルの有用性の一端を確認できた。

5. おわりに

本稿は、深層学習を用いて車載カメラ画像から道路舗装種別を判定する有用性を考察した。具体的には、Classification を用いた検証結果を報告した。

今後は、Semantic Segmentation を用いた検証や様々な撮影条件の影響度等を踏まえた検証を実施する。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、青山学院大学の櫻井淳氏、関西大学大学院の中原匡哉氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

1) 国土交通省: 舗装点検要領, 2018.
2) 熊倉他: 舗装ひび割れ簡易可視化ツールの開発, 第 73 回 年次学術講演会, 土木学会, No.CS9-035, 2018.
3) 藤田他: 簡易平坦性測定および GIS に基づく市街地道路の路面モニタリング, 土木学会論文集 F3(土木情報学), 土木学会, Vol69, No2, ppI_90-I_97, 2013.