

アクションカメラを利用した一般道路路面の画像計測装置と健全度評価システムの構築

山梨大学 学生会員 ○佐野大心, 非会員 孝本慎之介, 正会員 吉田純司

1. はじめに

日本の社会基盤は、20 世紀後半の構造物や交通ネットワークの建設ラッシュによって大きく成長を遂げた。例えば道路に注目してみると、総延長は約 130 万 km と膨大な量にのぼる。そのうち 90%以上は一般道路であり、主として地方公共団体が管理している¹⁾。しかし、コストや人員といった観点から十分な維持管理が行えていないのが現状である。このような背景から、低コストで効率的かつ客観的に路面を評価できる手法が求められている。

本研究では、近年発展が著しいアクションカメラを用いて簡易で使用性に優れた路面の画像計測装置を開発し、撮影した路面画像から健全度評価を行うシステムを構築する。

2. アクションカメラを用いた路面の画像計測装置

著者らはこれまでの研究において、一般道路路面を対象として低価格で簡易に画像計測する装置を開発してきた²⁾。しかし、問題点として、装置全体の価格が約 100 万円と高額であることに加え、カメラ、GPS、記録用 PC を搭載して配線し、PC 上で制御する必要がある、準備・運用に手間がかかる点が挙げられる。

そこで、本研究では、代表的なアクションカメラである Hero10 を用いて、より低価格で使用性・利便性の高い路面の画像計測装置を開発した。具体的には、図-1 に示すように、外部バッテリーと、高さ調節用自撮り棒を介して吸盤型三脚により車のルーフにカメラを設置し、車両後方の路面を計測する。これら機材の詳細を表-1 に示す。また、カメラは、路面の撮影範囲と車両の移動速度 (40 km/h) を考慮して図-2 のように設置することとし、その際のカメラの撮影条件を表-2 のように定めた。本装置は、総額約 10 万円であり、GPS や記録メディアがカメラに内蔵されているため、PC および配線が不要である。また、外部からスマートフォンにより撮影状況をオンラインで見ることが可能であり、記録のオン・オフも操作できる。

このような画像計測装置を一般車両に搭載して山梨県内の一般道路、約 73km 分を画像計測した。

3. 路面画像のセマンティックセグメンテーション

上記の装置で計測した路面画像は、主に一車線分を撮影しているが、その中にはアスファルト舗装路面以外に、側道 (歩道)、ガードレール、他の車両などに加え、ジョイントやマンホールが含まれている。これらは、アスファルト舗装路面を評価する際に、誤認識の原因になることが想定されるため事前に深層学習により区別することとした。具体的には、セマンティックセグメンテーション³⁾により、路面画像中の全画素をそれぞれ「路面」、「ジョイント」、「マンホール」、「その他」の 4 カテゴリーに分類した。ニューラルネットワーク (NN) は既往の Deeplab v3+⁴⁾を採用し、3200 枚の学習用データセットを用意して転移学習を行ったところ、検証用データで精度 (accuracy) が 99.6%であった。本 NN による路面画像のセマンティックセグメンテーションの例

を図-3 に示す。

4. 路面ブロックの分類と健全度評価

ここでは、本文 3 節で述べた NN による分類結果のうち「路面」以外のカテゴリを、「路面」と誤認識しない特異な色 (本研究では(R,G,B)=(255,0,0)) に変えた画像を対象とする。この画像を図-4 に示すように、正方形のブロックに分割し、各ブロック内の画像情報に応じて 9 カテゴリー (表-3) に分類する。この分類には、既往の ResNet⁵⁾を採用し、各カテゴリ 2000~3000 個の学習データを用意して学習を行った。検証データでの分類精度 (accuracy) は、9 カテゴリーで約 70%と比較的低かったものの、表-3 に併記した 3 カテゴリーでは約 90%であった。このブロック分類の結果を、カテゴリごとに枠を色付けした一例を図-5 に示す。

最後に、高速道路での路面の評価方法⁶⁾を参考にして、ブロックのカテゴリごとに表-3 のような点数を付与して画像中の全ブロックで平均化したものを「ひび割れ率」と定義し、これを画像ごとに算出した。

5. 路面の健全度の地図上への表示

最後に、路面計測で得られた動画像に含まれている GPS 情報を用いて、路面画像の「ひび割れ率」を地図上に色付きの円で表示するシステムを構築した。図-6 に連続する路面画像に対応した「ひび割れ率」を地図上に表示した例を示す。本システムでは、各円をクリックすると、図-6 のように対応する路面画像とブロック分類の結果を表示できるようになっている。

6. まとめ

本研究では、アクションカメラを用いて簡易的に路面を画像計測する装置と、計測した画像から路面の健全度を評価するシステムを構築した。本計測装置は、低価格で利便性・使用性に優れている点に特徴がある。また、計測した路面画像に 2 つの NN を適用し、その健全度を評価するシステムを構築し、加えて評価結果を地図上に表示できるシステムのプロトタイプも構築している。今後は、本システムを山梨県内の道路維持管理の実務へ応用する計画である。

参考文献

- 1) 武藤聡, 久保和幸, 藪雅行: 舗装点検要領の策定について, 国土交通省, 2017
- 2) 吉田純司, 竹谷晃一: 地方公共団体での利用を想定した道路路面のひび割れに関する健全度評価システム, 土木学会, 第 2 回 AI・データサイエンスシンポジウム論文集, Vol.2, No.J2, pp.671-680, 2021.
- 3) 原田達也: 画像認識, 講談社, 2017.
- 4) L.-C., Chen, Y., Zhu, G., Papandreou, F., Schroff, and H., Adam: Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation, arXiv:1802.02611v3, 2018.
- 5) K., He, X., Zhang, S., Ren and J., Sun : Deep Residual Learning for Image Recognition, arXiv:1512.03385v1, 2015.
- 6) 東日本・中日本高速道路 (株): NEXCO 試験方法 第 2 編 アスファルト舗装関係試験方法, 高速道路総合技術研究所, 2012.

キーワード: 一般道路, 道路路面, 画像計測, 深層学習, 健全度評価

〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11, TEL: 055-220-8521, e-mail: jyoshida@yamanashi.ac.jp



図-1 路面の画像計測装置の車載の状況

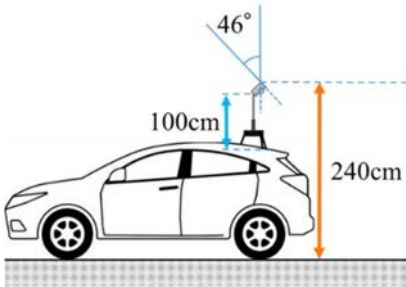


図-2 路面の画像計測装置の設置条件

表-1 路面の画像計測に使用した機材の詳細

品名	メーカー	価格 [円]	用途
HERO10Black	GoPro	71,000	路面画像の撮影
三脚吸盤式マウント	TELESIN	12,000	車両ルーフに装置を固定
バッテリー内蔵型自撮り棒	UURig	3,000	長時間の計測+カメラ内部の熱の抑制
セルフィーポッド	SLIK	3,000	カメラの高さ・角度の調節

表-2 路面撮影時のカメラの設定

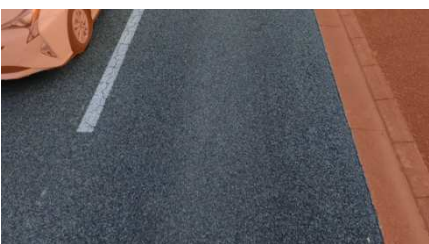
項目	
RES(解像度)	5.3K
フレームレート	60frame/sec
視野角	(リニア+水平維持) 19~34 mm
HyperSmooth (手振れ補正)	ブースト (最も強い手振れ補正)
カラー	ナチュラル
ビットレート	高
ホワイトバランス	自動
シャッタースピード	1/960
ISO 最小最大	100 1600
シャープネス	高
GPS	オン



(a) 路面画像の例 1



(b) 路面画像の例 2



(c) 路面画像の例 3

図-3 NNによる路面画像のセマンティックセグメンテーション（色なし：路面，黄：マンホール，緑：ジョイント，茶：その他）

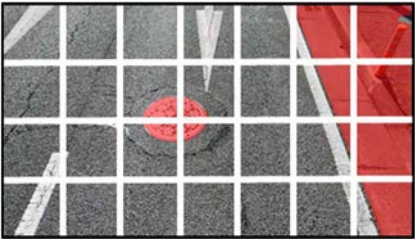
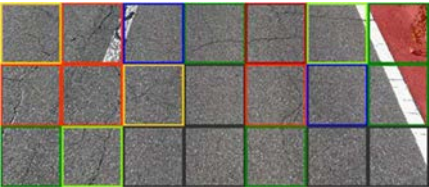


図-4 路面以外を赤に設定した画像のブロック分割



(a) 入力画像



(b) 出力画像

図-5 路面画像の各ブロックの分類結果（ブロックの枠の色（表-3）＝分類結果）

表-3 ブロックの分類で用いたカテゴリに関する諸元

9 カテゴリ	枠の色	点数	3 カテゴリ
複数の深いひび割れ	赤	1.0	複数のひび割れ
深い&浅いひび割れ	橙	0.8	
複数の浅いひび割れ	黄	0.6	
深い1本のひび割れ	黄緑	0.4	単数のひび割れ
浅い1本のひび割れ	緑	0.2	
補修跡	青	0	ひび割れなし
ひび割れなし	灰	0	
路面外	黒	0	



図-6 連続する路面画像の「ひび割れ率」の地図上への表示例