Vol.2017-MBL-85 No.9
Vol.2017-ITS-71 No.9
2017/11/15

車載カメラ画像を用いた路面標示劣化度合い推定手法の検討

菅 一生[1,a)]　横山 達也[2,b)]　白石 陽[1,c)]

概要：国内の道路は年々延び続ける一方，道路事業費は近年減少傾向である．したがって，限られた財源で道路を維持していくためには，効率的な維持・管理作業が求められる．特に道路上の路面標示は，走行する車両のタイヤの影響を直接受けるため，劣化が激しい．現在は，路面標示の劣化度合いを把握するため，路面標示の修繕を行う事業者は目視，あるいは専用の車両を用いて点検を行っているが，コストがかかる上，効率が悪い．そのため，路面標示の劣化度合いを，低コストかつ効率的に推定・収集する方法が不可欠であると考える．既存研究としては，車載カメラで路面を撮影し，画像処理により路面標示の劣化度合いを推定しているものがある．しかし，車載での使用が一般的ではない特殊なカメラを車載カメラとして用いており，設置コストが高いと考えられる．そこで本研究では，現在普及しつつあるドライブレコーダーやスマートフォンを車載カメラとして設置し，撮影された車載カメラ画像を使用し，路面標示の劣化度合いを推定する手法を提案する．提案手法は，車両に設置された車載カメラを用いて車両前方の画像を撮影し，撮影した画像中から SURF 特徴量を用いて路面標示の認識・識別を行い，識別された路面標示の劣化度合いを推定する．本研究により，多くの車両が提案手法を使用することができれば，道路の路面標示の劣化度合いを低コストかつ網羅的に収集することが期待できる．

キーワード：車載カメラ，路面標示，劣化度合い，画像処理，道路管理

1. はじめに

国内の道路は年々延び続けており，2016 年 4 月 1 日時点で，国内の道路総延長は 127 万 km を超えている [1]．一方，道路事業費は 1998 年前後を境に，近年は減少傾向であり [2]，限られた財源で多くの道路を維持・管理していくためには，より効率的な道路の維持・管理が求められる．

道路には路面標示や道路標識などの様々な附属物と，トンネル，橋梁などの様々な構造物がある．これらを維持・管理していく上では，路面標示や道路標識の塗装剥離などの短期的劣化や，トンネルの崩落や橋梁のサビなどの長期的劣化が問題として挙げられる．特に路面標示は，走行する車両のタイヤの影響を直接受けるため，短期間で塗装が剥離しやすく，毎年塗り直しが必要である．また積雪地域では，除雪車による度重なる除雪作業や，バスやトラックなどのタイヤチェーンを使用した走行により，路面標示の塗装剥離は冬季に著しく発生する．道路を維持・管理する事業者の視点に立つと，このような路面標示の劣化を把握するため，現状では目視あるいは専用車両を用いて点検を行っているが，点検コストがかさむ上，情報収集効率が悪い．

一方，道路を利用するドライバーの視点に立つと，走行中の道路に関する情報を得るためには，路面標示や道路標識を視認する必要がある．特に運転が不慣れな道路では，停止線の位置や進行方向別通行区分などの情報は重要である．しかし，路面標示が劣化している場合，路面標示の視認は困難となる．また，道路標示が劣化していない場合でも，道路混雑時や積雪時は同様に，路面標示の視認が困難となり，安全運転の妨げとなる．したがって，路面標示の情報が常に視認できる状態に維持しておくことが，道路の維持・管理において重要であると考えられる．

以上より本研究では，車載カメラで車両前方の画像を撮影し，路面標示がどの程度劣化しているかという指標として，路面標示の劣化度合いを推定する手法を提案する．特に本研究では，車載カメラとして現在普及しつつある，ドライブレコーダーやスマートフォンを用いることで，多くの車両が提案手法を使用できると考える．本研究では，将来的に参加型センシング [3] のアプローチで路面標示の劣

[1] 公立はこだて未来大学システム情報科学部
School of Systems Information Science, Future University Hakodate.
[2] 公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科
Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate.
[a)] b1014051@fun.ac.jp
[b)] g2117055@fun.ac.jp
[c)] siraisi@fun.ac.jp

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

化度合いを収集することを想定しているため，提案手法を多くの車両が使用することで，網羅的な路面標示情報の収集が期待できる．

2. 関連研究

車載カメラ画像を用いた研究として，路面標示を認識する研究 [4,5]，路面標示の劣化度合いを推定する研究 [6–8] が行われている．

車載カメラを用いて路面標示を自動認識する研究として，野田ら [4] や煙山ら [5] は，車載カメラで撮影した画像を俯瞰図に変換することで，路面標示を認識している．車載カメラで路面を撮影する際，撮影車両から対象の路面標示までの距離により，撮影画像中の路面標示の大きさは異なる．そのため，撮影画像を俯瞰図に変換，すなわち撮影車両から遠方の画素を拡大することで，道路を真上から撮影した画像のように変換できる．この変換により，撮影画像中の路面標示の大きさが，撮影車両からの距離にかかわらず一定になるため，路面標示を認識するための様々な画像処理が適用しやすい．したがって文献 [4,5] における俯瞰図変換手法は本研究でも応用できると考える．

一方，車載カメラを用いて区画線の劣化度合いを推定した研究として，浅田らは，車内に設置した一眼レフカメラで撮影した車両前方の画像に，テンプレートマッチングを適用することで，区画線の劣化度合いを推定している [6]．ここで，区画線とは，車道中央線や車道外側線などを指す．また，西野ら [7] は車両のフロントバンパーの助手席側へ 4K カメラを設置し，路面標示の劣化度合いを推定している．さらに，河崎ら [8] は車両の下部に天球カメラを設置し，路面標示の劣化度合いを推定している．しかし，これらの研究では，路面標示の劣化度合いを算出するにあたり，対象の路面標示の画像から，路面標示の完全な状態を推定する必要がある．しかし，区画線などの単純な形状の路面標示の推定は容易であるが，本研究で対象としている様々な形状の路面標示の推定に適用するのは難しいと考える．また，車外へカメラを設置するには，車両の走行中にカメラが路上へ脱落しないように，工夫して設置する必要があるため，カメラの設置コストが高い手法であると考える．

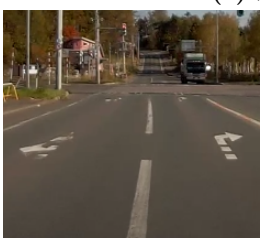
3. 提案手法

3.1 研究目的と研究課題

本研究の目的は，現在普及しつつあるドライブレコーダーやスマートフォンを車載カメラとして用い，撮影した路面標示の画像から，その路面標示の劣化度合いを推定することである．

本研究の課題は，区画線だけでなく，様々な路面標示を認識し，その劣化度合いを推定することである．本研究では，劣化度合いを推定する対象の路面標示として，速度制限を示す標示（図 1(a)）や，進行方向別通行区分標示（図 1(b)），横断歩道の接近を示す標示（図 1(c)）など，様々な路面標示を検討している．したがって，撮影された画像に含まれる路面標示が，どの路面標示であるかを識別することが，本研究の要素技術の 1 つとして挙げられる．また，識別された路面標示に対して，劣化度合いの推定が必要である．関連研究 [6–8] では路面標示の中でも，特に区画線を対象としているため，元の区画線を推定することで劣化度合いの算出が可能であった．しかし本研究では，前述の通り様々な路面標示を対象にしているため，異なるアプローチでの劣化度合い推定が必要になると考える．

(a) 速度制限



(b) 進行方向別通行区分

(c) 横断歩道接近

図 1: 様々な路面標示の例

3.2 路面標示の識別

本研究では，路面標示を識別するために，まず撮影画像の俯瞰図変換を行い，次に SURF 特徴量を用いて路面標示の認識を行う．具体的な手順を以下に示す．

(1) 2 値化
(2) 俯瞰図変換
(3) SURF 特徴量を用いた路面標示認識
(4) SURF 特徴量を用いた路面標示識別

以下，3.2.1 項，3.2.2 項で，それぞれの処理について述べる．

3.2.1 撮影画像の俯瞰図変換

車載カメラ画像を俯瞰図変換するにあたって，あらかじめ画像の 2 値化を行う．路面標示の多くは白色のみで塗装されているため，2 値化を行うことで，車載カメラ画像中の道路部分から，路面標示部分をほぼ完全に抜き出すことができる．そして，2 値化した撮影画像に対して，俯瞰図変換を行う．俯瞰図変換とは，撮影車両から遠方の画素を拡大することで，道路を真上から撮影した画像のように変換することである [4,5]．撮影直後の画像では，撮影車両から撮影対象の路面標示までの距離によって，路面標示の大きさが異なる上，路面標示の形も歪んだままになっている．そこで，俯瞰図変換を行うことにより，撮影画像中の

Vol.2017-MBL-85 No.9
Vol.2017-ITS-71 No.9
2017/11/15

路面標示を，撮影対象までの距離によらず一定の大きさにすることができる．また同時に，車載カメラの設置位置や設置角度による歪みを正すことができるため，路面標示の認識が容易になる．

3.2.2 SURF 特徴量を用いた路面標示の認識

俯瞰図変換を行った画像をもとに，路面標示の認識を行う．路面標示の認識では，SURF 特徴量を用いる．SURF 特徴量とは，画像の類似度を判断するために用いる SIFT 特徴量を，より高速に計算できるようにしたものである [9]．SURF 特徴量は，テンプレートの画像と，類似度を求めたい対象の画像との間に，大きさや角度の違いがあっても高精度に認識できるという特徴があり，本研究ではこの特徴量を用いることを検討している．路面標示を認識した後，SURF 特徴量を利用し，認識された路面標示がどの種類の路面標示であるのかを識別する．

3.3 路面標示劣化度合いの推定

路面標示劣化度合いの推定では，塗装占有率を比較することを検討している．塗装占有率とは，路面標示の塗装が，対象領域をどの程度占有しているかを表す値である．まず，劣化度合いの推定対象である全ての路面標示に対して，テンプレートとなる画像を用意し，各テンプレート画像の塗装占有率 p_{tmp} をあらかじめ計算しておく．ここでいうテンプレートとは，塗装が劣化していない完全な状態の路面標示のことを表す．次に，車載カメラ画像から認識された路面標示について，路面標示が存在する領域の全画素数 px_{all} を算出する．また，その路面標示の白色画素数 px_{white} を算出する．ここで，全画素数 px_{all} と白色画素数 px_{white} を用いて，対象の路面標示の絶対塗装占有率 p_{abs} を算出する．その絶対塗装占有率 p_{abs} とテンプレートとなる画像の塗装占有率 p_{tmp} とを比較することで，相対塗装占有率 p_{rel} が算出される．この相対塗装占有率 p_{rel} を，路面標示劣化度合いの推定結果とする．絶対塗装占有率 p_{abs}，相対塗装占有率 p_{rel} の計算式を式 (1)，(2) に示す．

$$p_{abs} = \frac{px_{white}}{px_{all}} \tag{1}$$

$$p_{rel} = \frac{p_{abs}}{p_{tmp}} \tag{2}$$

4. 予備実験と考察

本章では，3 章で述べた提案手法に基づき，予備実験を行った結果と考察を述べる．

4.1 画像処理の例

本節では，3.2 節，及び 3.3 節にて述べた画像処理について，実際に行った結果を述べる．表 1 に，予備実験の実験環境を示す．なお本予備実験では，車載カメラとしてドライブレコーダーやスマートフォンではなく，デジタル一眼レフカメラを使用した．

表 1: 予備実験の実験環境

CPU	Intel® Core™i5 2.7GHz
OS	OS X El Capitan
言語環境	Python 2.7.13
使用ライブラリ	OpenCV 2.4.8
使用カメラ	Canon EOS 70D

本節では，図 2 の車載カメラ画像を例として，路面標示の識別のための各画像処理を示す．

図 2: 予備実験で用いた車載カメラ画像

まず，図 2 の画像に対し，2 値化を行う．これにより，画像サイズが大幅に圧縮され，また路面標示の識別に不要な情報が取り除かれるため，処理の高速化が見込まれる．なお，本予備実験の 2 値化の際のしきい値は，目測で適当な値を設定した．図 3 に，変換した 2 値化画像を示す．

図 3: 変換された 2 値化画像

図 3 に対し，俯瞰図変換を行う．俯瞰図変換は，車道中央線や車道外側線などの，道路の区画線が平行になるよう変換を行う．なお，今回は図 3 における一番左側の車線について，画像の下端から画像中央部付近の停止線の位置までを対象として，俯瞰図変換を行った．図 4 に俯瞰図変換後の画像を示す．

俯瞰図変換後の画像の特徴として，撮影位置から遠い部

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-MBL-85 No.9
Vol.2017-ITS-71 No.9
2017/11/15

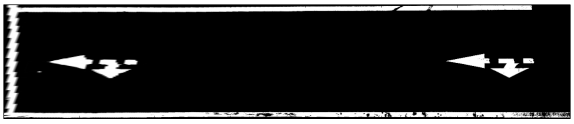


図 4: 俯瞰図変換後の画像

分の解像度が減少する．図 4 では，画像の左側が撮影位置から遠い部分であるため，解像度が減少している．俯瞰図変換した画像に対し，SURF 特徴量を用いて，路面標示の検出を行う．図 5 に，SURF 特徴量を用いた検出結果を示す．今回は，図 4 の右側の路面標示をテンプレートとして用い，図 4 の左側の路面標示の検出を試みた．図 5 において，左側の路面標示がテンプレートの路面標示であり，右側の路面標示が検出対象の路面標示である．図 5 では，テンプレート画像と認識対象の路面標示との間で対応すると判定された特徴点が，線分によって結ばれている．

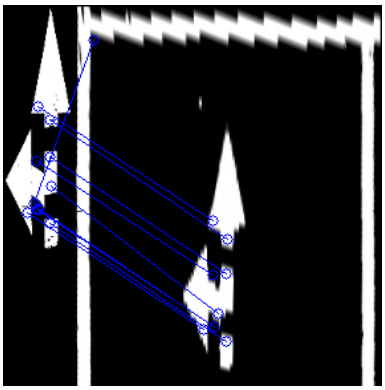


図 5: SURF 特徴量を用いた検出結果

4.2 予備実験

予備実験として，提案手法を用いて，劣化度合いの異なる 3 つの路面標示画像に対して，路面標示劣化度合いの推定を行った．図 6 は，用意した 3 つの路面標示画像である．図 6(a) は，わずかな劣化が見られるものの，ほとんど完全な状態の路面標示画像である．図 6(b) は，路面標示の下部など一部領域に大きな塗装剥離が見られる路面標示画像である．図 6(c) は，矢印の矢尻部分を除き，大部分が塗装剥離している路面標示画像である．表 2 に，推定過程で算出された絶対塗装占有率を示す．表 3 に，図 6(a) の路面標示をテンプレート画像と仮定した場合の相対塗装占有率，すなわち本予備実験における路面標示劣化度合いの推定値を示す．なお，図 6 中の全ての画像は，それぞれ全画素数が 17,794 であり，この値をもとに絶対塗装占有率と相対塗装占有率を算出している．

4.3 考察

表 2 より，路面標示の剥離度合いが増加するにつれて，全画素中の白色画素の割合である塗装占有率が減少していることが分かる．また，表 3 より，図 6(a) をテンプレート

(a) わずかに劣化した路面標示

(b) 大きく劣化した路面標示

(c) 激しく劣化した路面標示

図 6: 劣化度合いの異なる路面標示の例

表 2: 絶対塗装占有率算出結果

路面標示	白色画素数	絶対塗装占有率
図 6(a)	1,041	5.85%
図 6(b)	739	4.15%
図 6(c)	429	2.41%

表 3: 相対塗装占有率算出結果

路面標示	白色画素数	相対塗装占有率
図 6(a)	1,041	100%
図 6(b)	739	70.9%
図 6(c)	429	41.2%

とした場合，図 6(b) や図 6(c) の路面標示が，それぞれ約 29%，約 59%劣化していることが分かる．したがって，提案手法により，路面標示の相対塗装占有率，すなわち劣化

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

度合いが推定できる可能性が示唆された．ただし，今回の予備実験では，高画質で撮影できるデジタル一眼レフカメラを撮影に使用しており，路面標示画像が鮮明に記録されている．しかし，提案手法ではより低画質であるドライブレコーダーやスマートフォンを車載カメラとして使用することを検討しており，低画質な環境で適切に路面標示を認識させる方法を検討していく必要がある．また，今回の予備実験では，1 種類の路面標示の認識にとどまっており，今後は SURF 特徴量を用いた路面標示の識別方法についても検討していく必要がある．

5. まとめ

本研究の最終目的は，道路の路面標示の劣化度合いを低コストかつ網羅的に収集することである．そのための要素技術として，車載カメラ画像を用いて路面標示の劣化度合いを推定する手法を検討した．関連研究では，劣化度合いを推定できる路面標示の形が限られているという問題点については，あらかじめそれぞれの路面標示のテンプレートごとに，塗装占有率を計算しておくことを検討している．また，車載カメラの設置コストが高いという問題点については，設置が容易なドライブレコーダーやスマートフォンを車載カメラとして用いることを検討している．

今後は，実際に複数の路面標示の劣化度合いを推定し，提案手法が様々な路面標示に対応できるかどうか調査を行う．

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K00128 の助成を受けたものである．

参考文献

[1] 国土交通省：道路統計年報 2016 道路の現況 道路現況総括 (オンライン)，入手先 ⟨http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2016/pdf/d_genkyou02.pdf⟩(参照 2017-07-21)．
[2] 国土交通省：道路統計年報 2016 概況 (オンライン)，入手先 ⟨http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2016/pdf/gaikyou.pdf⟩(参照 2017-07-21)．
[3] Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S. and Srivastava, B.M.: Participatory Sensing, Proc. of World Sensor Web Workshop (WSW'06) (2006).
[4] 野田雅文，高橋友和，井手一郎，目加田慶人，村瀬洋：生成型学習法を用いた車載カメラ画像からの路面標示認識，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.108，No.263，PRMU2008-93，pp.31-36(2008)．
[5] 煙山裕希，小野口一則：多重情報地図構築のための路面標示自動認識，計測自動制御学会論文集，Vol.49，No.1，pp.25-32(2013)．
[6] 浅田拓海，本多誠司，亀山修一：画像特徴量を用いた道路区画線剥離率推定法の開発，土木学会論文集 E1(舗装工学)，Vol.67，No.1，pp.10-21(2011)．
[7] 西野咲子，若山公威，河中治樹，小栗宏次：車載カメラを用いた射影変換画像からの区画線の剥離率推定，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.114，No.508，ITS2014-61，pp.17-22(2015)．
[8] 河崎隆文，打越大成，岩本健嗣，松本三千人，米澤拓郎，中澤仁，徳田英幸：汎用カメラと一般車両を用いた路面標示の擦り切れ検出手法，情報処理学会研究報告，Vol.2015-ITS-60，No.2，pp.1-8(2015)．
[9] Bay H., Tuytelaars T. and Van Gool L.: SURF: Speeded Up Robust Features. Computer Vision and Image Understanding(CVIU), Vol.110, No.3, 346-359(2006).

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan