

車載カメラを用いた参加型センシングによる 路面標示残存率推定システムの提案

菅 一生^{1,a)} 白石 陽^{1,b)}

概要：日本の道路は年々延び続けているが、一方で道路事業費は近年減少傾向である。したがって、限られた財源で多くの道路を維持・管理していくためには、より効率的な維持・管理作業が求められる。特に道路における路面標示は、走行する車両のタイヤの影響を直接受けるため、劣化が激しく、剥離しやすい。こうした路面標示の劣化度合い、すなわち路面標示の残存率を把握するため、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、路面標示の残存率を推定し、道路上の多くの路面標示の残存率を、効率的かつ低コストに収集する方法が必要である。そこで本研究では、路面標示の残存率（以下、路面標示残存率と呼ぶ）を収集するために、参加型センシングのアプローチを取り、ドライバーからも路面標示の情報を収集し、共有するシステムを提案する。提案システムは、各車両に搭載された車載カメラを用いて前方の画像を撮影し、路面標示残存率を推定する。車載カメラとして、現在普及してい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、道路上の多くの路面標示残存率を収集するための導入コストを低減させることができる。それにより、多くの車両へ本システムの導入が見込めるため、参加型センシングによって、従来よりも低コストかつ効率的に路面標示残存率を収集することが期待できる。

1. はじめに

日本の道路は年々延び続けており、2016年4月1日時点で、日本の道路総延長は127万kmを超え、これは地球の外周32周分に迫る長さである[1]。一方、道路事業費は1998年前後をピークに、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。

道路にはトンネル、橋梁などの様々な構造物や、道路標識や路面標示などの様々な附属物がある。これらの経年劣化の例として、トンネルの崩落や橋梁のサビなどの長期的劣化や、道路標識や路面標示の塗装剥離などの短期的劣化が挙げられる。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、短期間での剥離による劣化が激しい。また積雪地域では、バスやトラックなどのタイヤチェーンを使用した走行や、除雪車による度重なる除雪作業によって、路面標示は冬季に著しく剥離する。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剥離を把握するため、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、点検費用がかかる上、情報収集効率が悪い。また、一般のドライバーが路面標示の剥離を発見した場合、電話やFAXによって報告できる自治体もある。しかし、その道路が国道か、都道府県道かによって、報告先が細かく分かれるため、実際に報告を行っているドライバーは少ないと考えられる。

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、道路標識か路面標示を確認する必要がある。特に不慣れた道では、停止線の位置や進路方向別通行区分などの情報は重要である。しかし、路面標示が剥離している場合、路面標示の視認は困難となる。また、道路混雑時や積雪時も、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。

本研究では、路面標示の剥離度合いを収集するために参加型センシング[3]のアプローチを取り、ドライバーからも路面標示の情報を収集し、共有する。具体的には、車載カメラで前方の画像を撮影し、路面標示がどの程度残存しているかという指標として、路面標示の残存率（以下、路面標示残存率と呼ぶ）を算出するシステムを構築する。また、参加型センシングにより、このシステムを多くの車両に導入することで、路面標示残存率を効率的に収集できると考える。本システムによって収集された画像と推定された残存率を、位置情報と共に登録することで、路面標示の

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.

a) b1014051@fun.ac.jp

b) siraisi@fun.ac.jp

修繕を行う事業者に対して、効率的に路面標示の剥離度合いを把握できるよう支援する。また、ドライバーに対しても、路面標示が見えない時に、カーナビの地図上やヘッドアップディスプレイに路面標示を表示するなどの方法で支援が期待できる。

以上より、路面標示の情報を有効に活用する仕組みを実現するために、本研究では、車載カメラを用いた参加型センシングにより、道路上の多くの路面標示残存率を効率的に収集するシステムの提案を行う。

2. 関連研究

車載カメラを用いて、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。路面標示を撮影する際、撮影車両から対象の路面標示までの距離により、画像中の路面標示の大きさは異なる。この画像を俯瞰図に変換する、すなわち撮影車両から遠方の画素を拡大することで、道路を真上から撮った画像のように変換できる。この変換により、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処理が簡素になる。したがって文献 [4, 5] における俯瞰図を利用する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剥離率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前方面像に、テンプレートマッチングを適用することで、区画線の剥離率を推定している [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カメラを設置し、河崎ら [8] は車両の下部に天球カメラを設置し、路面標示の剥離率を推定している。しかし、これらの研究では、路面標示の剥離率を算出するにあたり、その路面標示の完全な状態を推定する必要がある。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、特に車外へカメラを設置するには、車両が走行中にカメラが脱落しないように、工夫して設置する必要がある。したがって、カメラの設置コストが高い手法であると考えられる。

3. 提案手法

3.1 研究の目的

本研究では、道路を維持・管理する業者に対し、路面標示の効率的な修繕を支援し、一般のドライバーに対し、安全な運転を支援することを目的とする。そこで、ドライブレコーダーやスマートフォンなど、現在普及しているカメ

ラを車載することで路面標示を撮影し、路面標示残存率を推定するシステムを提案する。最終的に提案システムでは、撮影された路面標示の画像と、数値化された残存率を地図上へ登録し活用することで、効率的な修繕や安全な運転の支援を行う。

3.2 研究課題

本研究の研究課題は以下の3つが挙げられる。

- ① 設置コストの低減
- ② 路面標示の検出
- ③ 路面標示残存率の計算

1つ目は、設置コストの低減である。文献 [6] のように、特殊なカメラを用いたり、文献 [7, 8] のように車外にカメラを設置する手法では、路面標示を撮影する機器の設置コストが高い。効率的に路面標示残存率を収集するためには、多数の一般ドライバーが収集に参加できることが望ましく、設置コストを低減することは重要である。2つ目は、路面標示の検出である。路面標示残存率を算出するにあたって、路面標示を検出することは不可欠である。3つ目は、路面標示残存率の計算である。文献 [6–8] における路面標示残存率の計算は、路面標示が単純な形状であれば可能であるが、複雑な形状の路面標示では困難となる。

3.3 アプローチ

研究課題①に対するアプローチとして、現在普及しているドライブレコーダーやスマートフォンを車載し、利用する。文献 [6] や文献 [8] で使用している一眼レフカメラや天球カメラは、車への設置が想定された機器では無いため、車載するための方法を検討する必要がある。設置コストが高い。一方、ドライブレコーダーは、車載を想定した機器であり、またスマートフォン用の車載ホルダーも普及しているため、設置が容易である。したがって、路面標示の情報を収集するにあたり、市販のドライブレコーダーやスマートフォンを使用することで、機器の設置コストを低減し、多くのドライバーが本システムを導入できると考える。それにより多くの路面標示を参加型センシングで効率的に収集することが可能となる。

研究課題②に対するアプローチとして、車載カメラで撮影した、前方面像を利用する。撮影した画像を、画像処理によって路面の真上から俯瞰した図に変換する。その俯瞰図に対して SURF 特徴量を用いて特徴点を抽出することで、路面標示の検出を行うことを検討している。文献 [4, 5] と同様に、俯瞰図に変換することで、路面標示の認識処理が簡素になる。さらに、SURF 特徴量を用いることでよりロバストな認識が可能になると考える。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

微量は、類似度を求めたいテンプレートの画像と、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。

研究課題③に対するアプローチとして、路面標示ごとのヒストグラムの利用を検討している。文献 [7,8] でも、撮影した画像中の路面標示が、剥離していない完全な状態と比較し、どれだけ塗色が残存しているかという情報を利用し、路面標示の剥離率を推定していた。しかし、路面標示の推定に使用するアルゴリズムの都合上、区画線などの単純な路面標示しか推定できなかつた。本研究では、完全に残存している状態の路面標示のヒストグラムと、撮影画像中の路面標示のヒストグラムを比較することで、路面標示残存率を求めることを検討している。

3.4 システム構成

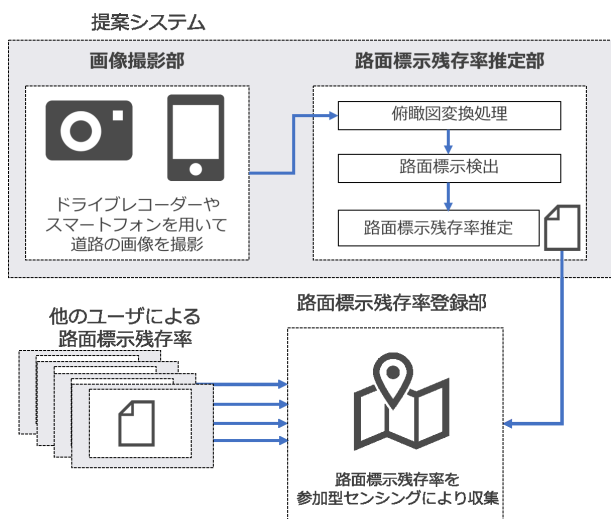


図 1 システム構成図

図 1 にシステム構成図を示す。提案システムは、画像撮影部と路面標示残存率推定部から構成される。画像撮影部では、ドライブレコーダーやスマートフォンを用いて、道路上の路面標示の画像を撮影する。路面標示残存率推定部では、撮影画像に対して、俯瞰図変換処理、路面標示検出を行うことで、路面標示残存率の推定を行う。また、他のユーザも同様に提案システムを使用することで、多くの道路の路面標示残存率が推定される。最終的に、推定された多くの路面標示残存率を、位置情報と共にデータベースに登録する。

4. おわりに

本研究では、路面標示の劣化度合いを、車載カメラで前方の画像を撮影し、路面標示残存率として推定する手法を提案する。本研究により、既存手法よりも路面標示残存率を収集するための導入コストを低減でき、それにより多く

の車両を参加型センシングに参加させることができるため、効率的に路面標示の劣化度合いを収集できると考えられる。

今後の課題としては、研究課題②に対するアプローチとして述べた俯瞰図への変換処理が挙げられる。俯瞰図に変換する際、撮影された部分が車載カメラから遠ければ遠いほど、画像の拡大が必要となり、解像度が低くなってしまいう問題がある。この問題については、現在対策を検討中である。将来的には、本システムで収集した路面標示の情報を活用し、自動運転車の普及に必要となる、高精度地図やダイナミックマップへの応用が期待できる。

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).