

車両に取り付けたカメラによる路面標示の擦り切れ検出手法の提案

河崎隆文^{1,a)} 打越大成^{2,b)} 岩本健嗣^{1,c)}
米澤拓郎^{3,d)} 中澤仁^{3,e)} 徳田英幸^{3,f)}

道路は人々のライフラインとして非常に重要であるが、全国の道路で老朽化が進んでいる。道路の維持管理には特殊な車両が必要になり、大きなコストが掛かってしまうため、道路の管理に手が回りきらない。そこで本研究では、特殊な車両を使わなくても道路の点検を可能にすることでコストを抑えることを目的とする。本稿では路面標示の状態収集に着目し、天球もしくは半球カメラを用いて路面標示の撮影を行い、その画像から擦り切れの有無を検出する手法を提案する。本稿の実験ではカメラとして RICOH THETA を使用した。カメラを車両に取り付けずに撮影した画像で提案手法について考察し、白線の検出と擦り切れの検出を行った。実験によって検出精度を確認した後に、車両に取り付けて走行した際の撮影及び検出を行った。結果、カメラと提案手法を使うことで走行時に撮影した画像でも路面標示から擦り切れの検出が出来た。

1. はじめに

1.1 背景

今日、日本では自動車による交通が一般化している。平成 22 年の国勢調査¹⁾の結果によると、利用交通手段の中で自家用車だけで通勤・通学する人は 46.5%であり、利用交通機関の中では最も割合が高い。また、買い物、レジャーなどの用事の場合に普段利用する交通機関の中では自家用車を使うという人が 73.0%を占めている。多くの人が安全に自動車を運転するために規制標示や指示標示といった路面標示が舗装され、利用されている。しかし、路面標示という性質上、擦り切れやひび割れが発生するため、本来の効果を発揮できていないものも多い。よって、路面標示の状態を定期的に点検、整備する必要がある。路面標示を含む道路の維持管理は自治体の大きな負担になっている。一方で、平成 25 年度版地方財政白書²⁾によると、民生費の増加に伴い、地方の土木費は減少傾向にあるため、自治体は所有する道路の維持管理コストの抑制が課題となっている。

1.2 道路管理における問題点

現在、道路の検査には路面性状測定車という特殊な車両が用られている。路面性状測定車は車載カメラと赤外線によって路面の状態を測定し、その結果をデータ化することで、実際に路面の整備を行う際に必要な資料を作成する。一般的に、路面性状測定車は自治体が所有しておらず、道路の性状測定をする際は民間企業に事業を委託する必要がある。従来の路面性状測定車を使用して性状測定を行うと、国土交通省の NETIS³⁾の資料によると約 100 円/m である。つまり、10km を測定した場合のコストは 100 万円になる。そのため、路面性状測定車を使用するコストは非常に大きいと言える。結果として道路整備が必要となれば、整備のために別の民間企業に業務を委託しなければならない

ため、より道路の管理コストは大きくなる。

2. 本研究の概要

2.1 研究目的

1 章で述べたように道路の整備は重要でありながら、道路の維持、管理には大きなコストが必要となる。そこで本研究では道路管理の一部を自動化することでコストの削減を目的とする。本稿では、まず路面標示の擦り切れに着目し、簡易的なカメラを用いて自治体が所有するごみ収集車やバスといった別の目的で走行している車両でも路面標示の状態を収集出来る手法を提案する。

2.2 関連研究

路面標示検出の関連研究としてドライブレコーダを用いた路面標示の擦り切れ検出⁴⁾と、車載カメラと機械学習による路面標示検出⁵⁾の研究がある。

ドライブレコーダを用いた路面標示の擦り切れ検出では、ドライブレコーダを乗用車に取り付け、ドライブレコーダの映像をリアルタイムに解析することで、路面標示の擦り切れやひび割れを検知する手法が研究されている。この手法ではリアルタイムに路面標示の状態を測定するため、その場で路面標示に擦り切れなどを検出できる。

また、車載カメラで路面標示を撮影した場合、画像中の位置や解像度により同じ路面標示でも形状が異なる。そこで、この研究では車載カメラと機械学習によって、問題を解決するために位置依存型の識別器を作成することで、撮影された画像中のどこに路面標示があっても正しく検出する研究がされている。

しかし、これらの手法はカメラを車内に取り付けることが前提にあり、周囲の風景も映りこんでしまう。例えば、車載カメラを搭載した車の前方を走行している車のナンバ

1 富山県立大学工学部情報システム工学科
2 富山県立大学大学院情報システム工学専攻
3 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
a) tl15012@st.pu-toyama.ac.jp
b) uchikoshi@puc.pu-toyama.ac.jp
c) iwamoto@pu-toyama.ac.jp

d) takuro@ht.sfc.keio.ac.jp
e) jin@ht.sfc.keio.ac.jp
f) hxt@ht.sfc.keio.ac.jp

ナンバープレートや、近辺を歩いている人などが映りこむ可能性がある。そのため、周囲のプライバシーが十分に確保できず、映像の管理問題が発生する。

2.3 路面標示の状態収集に必要な要件

路面標示の状態収集に特殊な車両を使用した場合、コストが大きくなる。そこで本稿では、路面性状測定車を使用せず、自治体の所有するごみ収集車や清掃車などの車両でも路面標示の擦り切れを検出できる簡易な手法を提案することを目的とする。また、実際に路面標示の整備をする際に施工場所の状況を確認するための資料を作る必要があるため、路面標示の状態を画像データとして位置情報などと共に管理可能にする。そして、2.2 節で述べたようにプライバシー確保の観点からプライバシーに配慮し、周りの風景が映りこまないようにする必要がある。

2.4 利用するカメラの選定

本研究では、プライバシーの確保をしつつ路面標示を撮影するために、近辺の歩行者や車のナンバープレートを映り込ませることなく、路面標示を撮影出来る車体の底部にカメラを設置する。しかし、車体の底部にカメラを設置した場合、カメラと路面の間が非常に近くなる。その結果、狭画角のカメラの場合、撮影出来る路面の範囲が狭くなり、白線が映りにくくなってしまう。そこで、本研究では天球カメラもしくは、半球球カメラを使用することでこの問題を解決する。本稿の実験では、図1に示す RICOH THETA(以下カメラ)を用いる。また、このカメラのシャッタースピードは 1/8000 秒から 1/7.5 秒のため走行時でも十分に対応できると考えた。



図1. RICOH THETA

2.5 擦り切れた路面標示の検出手法の考察

はじめに、カメラで擦り切れない路面標示と擦り切れのある路面標示を撮影し、路面標示の検出方法、擦り切れの検出について考察する。カメラで擦り切れない路面標示を撮影した結果を図2、擦り切れのある路面標示を撮影した結果を図3に示す。



図2. 擦り切れない路面標示



図3. 擦り切れのある路面標示

まず、路面標示の検出手法について検討する。図2、図3より、空の部分を省くと白色の画素は路面標示のみになる。本研究では、車体の底部に取り付けて路面標示を撮影することを想定しているため、空の映り込みはなくなると考えられる。よって、各画素の輝度を見ることで白線だけを検出することが出来ると考えた。

次に、擦り切れの検出について2つの手法を検討する。

1 目の手法は画像を強く平滑化することで擦り切れをぼかし、平滑化していない画像中の白色の画素数と強く平滑化した画像中の白色の画素数を比較することで擦り切れの検出を行う。擦り切れがない画像は白線中に白色ではない部分が存在しないため、平滑化しても白色の画素数に大きな変化は生じない。しかし、擦り切れが発生している画像に平滑化をかけた場合、画像全体がぼやけるため、白線中の擦り切れの部分も白色になり、画像中の白色の画素数に変化が生じる。よって、平滑化していない画像中の白色の画素数と、強く平滑化した画像中の白色の画素数を比較することで擦り切れを検出する。

2 目の手法は白線中の輪郭を形成する画素数が占める割合を用いて擦り切れの検出を行う。路面標示に擦り切れが多い場合、白線が複数の白い塊として現れる。よって、擦り切れが多い場合、白線の全体の画素数に対して輪郭を形成する画素数が占める割合が増える。そのため、この割合を擦り切れ度として扱うことで擦り切れを検出する。

2.6 提案手法

2.5 節の結果から、まず、空と分かっている部分のマスクを作成することで簡易的に検出範囲から除外する。そして、細かなノイズを除去するために平滑化を行う。次に、白色の部分の画素数を輝度値によって求める。これを T_p とする。

平滑化を用いて擦り切れの検出を行う場合は、元の画像にノイズ除去するための平滑化よりも強く平滑化をした後に、白色の部分の画素数を輝度値によって求める。これを A_p とする。そして T_p/A_p を求めることで画像中の擦り切れの有無を判断する。この T_p/A_p を平滑化していない画像中の白色の画素数と平滑化した画像中の白色の画素数の一致度(以下一致度)とする。本実験で使う一致度のしきい値は擦り切れのない画像 20 枚に対して提案手法を行い、その平均値を求めることで定めた。本実験で求められた平均は 96.95%だった。よって、一致度が 96%以下の場合は擦り切れ有とした。また、画像中に擦り切れがある場合に A_p を T_p が上回り 100%を大きく超える場合があることから、一致度が 96%より大きく 100%以下の場合は擦り切れていない路面標示に、それ以外の場合を擦り切れている路面標示と判別することにした。

輪郭を形成する白色の画素数が占める割合を用いて擦り切れの検出を行う場合は、二値化した後に輪郭検出を行い、輪郭を形成する画素数を求める。これを S_p とする。そして、 S_p/T_p を求め、これを擦り切れ度とし、擦り切れ度のしきい値を用いて、画像中の白線の擦り切れの有無を判別する。本実験の判別基準となる擦り切れ度のしきい値は、一致度のしきい値と同様に、擦り切れのない画像 20 枚に対して提案手法を行い、その平均値を求めることで定めた。本実験で求められた平均は 15.25%だった。よって、擦り切れ度 15%以下の場合は擦り切れていない路面標示に、擦り切れ度が 15%より大きい場合は擦り切れた路面標示と判別することにした。

手法まとめ

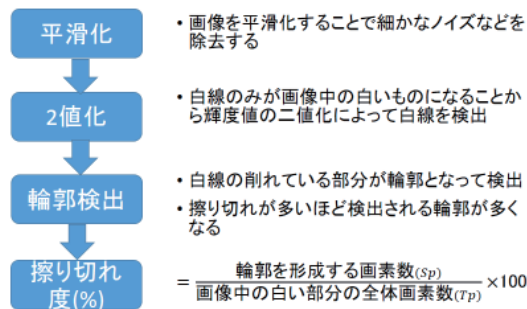


図 4. 路面標示の擦り切れ検出手法

3. 擦り切れた路面標示の検出実験

3.1 実験目的

本章では、提案手法の評価のために行った二つの実験について述べる。まず、カメラを手に持って路面標示を撮影し、撮影した画像に対して提案手法による擦り切れ検出を行い、その検出精度を確認する。

次に、実際に車両にカメラを取り付けて、停車時と走行時における路面標示の撮影を行う。走行速度による路面標示の撮影への影響を確認した後に、検出精度を確認し、提案手法の有効性を判断する。

3.2 手持ちによるカメラでの擦り切れた路面標示の検出実験

2.6 節で求めた一致度と擦り切れ度のしきい値をそれぞれ用いて、カメラで撮影した画像に提案手法を適用する。実験は日中、屋根のない舗装された一般道で撮影した 283 枚の画像を用いる。これらの画像に対して、提案手法を用いて路面標示の擦り切れの判別を行う。精度は目視によってあらかじめ分類した枚数と提案手法によって正しく検出された枚数の比較によって求める。

3.3 実験結果

3.2 節で述べた条件で撮影した 283 枚の画像に対してそれぞれの提案手法を適用した結果を表 1、表 2 に示す。283 枚のうち、目視によって擦り切れ有と判断したものは 216 枚、擦り切れなしと判断したものは 67 枚だった。そして、一致度を用いた提案手法を用いた場合、擦り切れ有と正しく検出した画像は 189 枚、誤検出は 36 枚だった。また、擦り切れ度を用いた提案手法で擦り切れの有無を検出した場合、擦り切れ有を正しく検出した画像は 190 枚、誤検出数が 23 枚だった。

表 1. 一致度を用いた検出手法による判定結果及び精度

分類	目視 (枚)	正検 出数 (枚)	True Positive (%)	誤検出 (枚)	False Positive (%)	適合 率(%)
擦り切 れ有	216	189	87.5	36	53.7	61.9

表 2. 擦り切れ度を用いた検出手法による判定結果及び精度

分類	目視 (枚)	正検 出数 (枚)	True Positive (%)	誤検出 (枚)	False Positive (%)	適合 率(%)
擦り切 れ有	216	190	87.9	23	34.3	71.9

表 1, 表 2 より, 一致度を用いた検出手法による擦り切れ有の検出精度は 87.5%, 擦り切れ度を用いた検出手法による擦り切れ有の検出精度は 87.9%と, どちらも 8 割以上正しく擦り切れの検出が出来た。しかし, 適合率を見ると擦り切れ度を用いた検出手法の場合, 71.9%を示しているが一致度を用いた検出手法の場合, 61.9%と擦り切れ度を用いた場合よりも 10%ほど低くなっている。

誤検出の割合が増えた理由としては, 画像内の擦り切れていない路面標示が撮影場所から離れていたために小さくなっていたものが多かったことが挙げられる。画像中の白い部分の画素数が少ないため, 一致度や擦り切れ度を求める計算式の T_p の数が小さくなり, 一致度が大きく下がってしまうことや, 輪郭を形成する画素数が占める割合がわずかでも, 必然的に擦り切れ度が高くなってしまいうことが挙げられる。その結果, 本来, 擦り切れ無になるものが擦り切れ有と判別されたと考えられる。

実験の結果および以上の考察から, 提案手法は路面標示の擦り切れ検出に有効だとした。

3.4 車両に取り付けたカメラでの擦り切れた路面標示の検出実験

次に本実験では, 実際にカメラを車両に取り付けた上で撮影し, 擦り切れた路面標示の検出精度を検証する。

3.5 実験方法

カメラを日産 JUKE(以下車両)に取り付けて撮影する。まず, 停止している時にカメラで撮影できる画像を確認し, 底部のどの部分にカメラを取り付けるのが適しているのか判断する。その後, 実際にカメラを取り付けて走行しながら, 擦り切れていない路面標示, 擦り切れた路面標示を撮影する。走行速度は徐行時(10km/h 以下), 20km/h, 30km/h の場合でそれぞれ行い, 撮影は, 走行速度による撮影画像の変化を見るための場合には任意の場所で撮影した。また, 走行時の画像を集める際には, 無線操作によって安定的に連続でシャッターを切れる最短時間の 5 秒間隔で行った。撮影出来た画像に対してそれぞれ提案手法によって擦り切れ検出を行う。

3.6 使用する車両の性能

車両の最低地上高は 170mm, 全幅が 1765mm である。取り付けは車体の後面底部と下腹部の 2 ヶ所で行う。

3.7 停止時における実験結果

まず, 図 5 に示すように車両の後面底部に取り付け撮影した。カメラで撮影した画像を図 6 に示す。



図 5. カメラを車両の後面底部に取り付けた画像



図 6. 車両の後面底部にカメラを取り付けて撮影した画像

図 5 より, 後面底部が丸みを帯びており, 地面に対して垂直に取り付けることが出来なかった。よって, 図 6 では全体が湾曲した画像になっている。図 6 より, 広い範囲の撮影が出来ていることと, 地面の様子が撮影出来ていることが確認出来る。しかし, 図 6 の車体の左に車が並んでいることが見えることから, 後面底部に取り付けて撮影した場合, プライバシーの確保が十分に出来ていないことが分かった。

次に, 図 7 に示すように車両の下腹部にカメラを取り付けて, 擦り切れていない白線を撮影した。その画像を図 8 に示す。



図 7. カメラを車両の下腹部に取り付けた画像



図 8. 車両の下腹部にカメラを取り付けて擦り切れていない路面標示を撮影した画像



図 9. 停止時に擦り切れのある路面標示を撮影した画像

図 8 より、車体の下腹部に取り付けた場合、周りの風景はほぼ映り込まないことが確認できた。また白線の様子も鮮明に映っているため、カメラを車両の下腹部に取り付けて、走行時の撮影を行うことにした。

はじめに、停車時に撮影した画像に対して提案手法を行い、擦り切れの有無によって、一致度と擦り切れ度のそれぞれに差が生じるか確認した。図 9 に擦り切れのある路面標示の画像を示す。図 8 の画像にそれぞれ提案手法を行った場合、一致度は 104%，擦り切れ度は 19%だった。これに対して図 9 の画像の一致度は 95%，擦り切れ度は 44%だった。このことから、擦り切れの有無によって一致度と擦り切れ度のどちらにも差が生じることが確認出来たため、停止時の車両に取り付けたカメラで撮影した画像に対しても、提案手法による擦り切れの検出は有効だと判断した。

3.8 走行時の実験結果

3.7 節で、停止時の車両に取り付けたカメラで撮影した画像にも提案手法は有効だと判断したため、本節では走行時に撮影した画像に対して提案手法による擦り切れ検出を行う。それぞれの走行速度で擦り切れのある路面標示と擦り切れていない路面標示を撮影した。以下に、それぞれの速度の際に撮影出来た擦り切れ有の画像を示す。徐行(10km/h 以下)で撮影した画像を図 10 に、20km/h で走行しながら撮影した画像を図 11 に、30km/h で走行しながら撮影した画

像を図 12 に示す。



図 10. 徐行(10km/h 以下)で走行し撮影した擦り切れた路面標示



図 11. 20km/h で走行し撮影した擦り切れた路面標示



図 12. 30km/h で走行し撮影した擦り切れた路面標示

図 10, 図 11, 図 12 より、速度が上がるにつれて、道路の粗い部分が線になっていることが分かる。また、図 10, 図 11 を見ると擦り切れている部分も画像が平滑化してぼやけたようになっていることが分かる。このことから、速度が上がることで画像全体がぼやけて擦り切れ部分が潰れてしまうかもしれないと考えた。20km/h の走行時に撮影した路面標示の擦り切れ無しの画像を図 13 に示す。

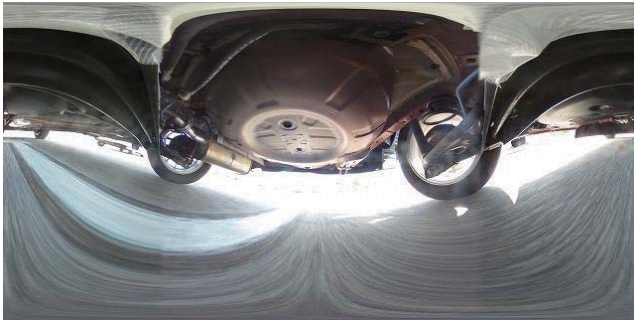


図 13. 20km/h で走行し撮影した擦り切れ無しの路面標示

図 11, 図 13 より, 図 13 では綺麗に白線が映っているが, 図 11 では白線の一部が削れていることが見て分かる. 図 11 と図 13 にそれぞれ輪郭検出を行い, 輪郭以外の白色部分を検出する. 図 11 に輪郭検出を行い, 作成された輪郭画像をマスクにして別の色を合成した画像を図 14 に, 同様にして図 13 に別の色を合成した画像を図 15 に示す.



図 14. 図 11 に輪郭検出を行い, 輪郭以外の白色部分に別の色を合成した画像



図 15. 図 13 に輪郭検出を行い, 輪郭以外の白色部分に別の色を合成した画像

図 14, 図 15 より, 擦り切れの発生している図 14 では白線の削れている部分で図 15 よりも赤塗りが薄くなっていることが分かる. それぞれ擦り切れ度を求めてみると, 図 11 の画像では 27%, 図 13 の画像では 13%だった. 徐行時(10km/h)の時, 30km/h の時に関しても同様にして提案手法を行った. また, 一致度を用いる場合, 手持ちの状態で撮影した画像よりも平滑化を弱めた. それぞれの走行

速度で撮影した画像中の一致度をまとめ, 表 3 に示す. それぞれの走行速度で撮影した画像の擦り切れ度をまとめ, 表 4 に示す.

表 3. 各走行速度で撮影した画像の路面標示の一致度

分類	擦り切れ無	擦り切れ有
徐行(10km/h 以下)	98%	77%
20km/h	96%	83%
30km/h	98%	89%

表 4. 各走行速度で撮影した画像の路面標示の擦り切れ度

分類	擦り切れ無	擦り切れ有
徐行(10km/h 以下)	9%	51%
20km/h	13%	27%
30km/h	21%	41%

表 3 より, 走行速度が徐行(10km/h 以下)の場合は, 擦り切れ無は一致度が 98%で, 擦り切れ有は 77%だった. 20km/h の時は擦り切れ無の一致度が 96%で, 擦り切れ有の一致度は 83%だった. 30km/h までみると擦り切れ無の一致度に変化はほぼ生じていないが, 擦り切れ有の一致度が上昇していることが分かった. よって, 擦り切れの有無によって一致度に差は生じるが, 走行速度が上がるにつれてその差は小さくなると考えた.

表 4 より, 走行速度が徐行の場合は擦り切れ無の擦り切れ度が 9%で, 擦り切れ有だと擦り切れ度は 51%だった. 30km/h の場合, 擦り切れ無が擦り切れ度 21%で, 擦り切れ有だと擦り切れ度が 41%だった. 走行速度が上がるにつれて, 撮影できる画像に平滑化の様な状態が起きたが, どの速度においても擦り切れがある場合と擦り切れがない場合で擦り切れ度に差がつくことが分かった.

以上のことから, 30km/h 以下の速度であれば, どちらの提案手法でも擦り切れ検出が出来ると判断した. 実験として日中, 舗装された一般道で車両にカメラを取り付けて撮影した 272 枚の画像に, 提案手法を適用した. 一致度を用いた場合の検出手法による結果を表 5 に, 擦り切れ度を用いた検出手法による結果を表 6 に示す. 272 枚の画像のうち, 目視によって擦り切れ有と判断したものが 194 枚, 擦り切れなしと判断したものが 78 枚だった. 一致度による擦り切れ検出を行った場合, 正しく検出した画像は 173 枚, 誤検出が 45 枚だった. また, 擦り切れ度による擦り切れ検出を行った場合, 正しく検出した枚数が 189 枚, 誤検出が 68 枚だった.

表 5. 車両に取り付けて撮影した画像に一致度を用いて検出手法を行った結果

分類	目視 (枚)	正検 出数 (枚)	True Positive (%)	誤検出 (枚)	False Positive (%)	適合 率(%)
擦り切れ有	194	173	89.1	45	57.6	60.7

表 6. 車両に取り付けて撮影した画像に擦り切れ度を用いて検出手法を行った結果

分類	目視 (枚)	正検 出数 (枚)	True Positive (%)	誤検出 (枚)	False Positive (%)	適合 率(%)
擦り切れ有	194	189	97.4	68	87.1	52.7

表 5 より、一致度を用いた検出手法によって擦り切れ有を正しく検出した精度は 89.1%、適合率は 60.7%だった。また表 6 より、擦り切れ度を用いた検出手法によって擦り切れ有を正しく検出した精度は 97.4%、適合率は擦り切れ有が 52.7%だった。

3.9 考察

3.8 節より、どの走行速度においても擦り切れの有無によって擦り切れ度に差が発生することが確認できた。

実験の結果、一致度を用いた擦り切れ検出の精度は 89.1%と、擦り切れ度を用いた擦り切れ検出の精度と比較すると低かった。しかし、誤検出率も 57.6%で擦り切れ度を用いた検出手法よりも低い。その結果、適合率は 60.7%と擦り切れ度を用いた場合よりも高くなった。また、擦り切れ度を用いた検出の精度は 97.4%と非常に高いが、誤検出率も 87.1%と高くなっており、適正率は 52.7%に留まっている。その原因としては、擦り切れ度のしきい値が低かったために、擦り切れていない画像の多くがしきい値を上回ってしまい、誤検出が増えたからである。この事からしきい値の定め直しも検討する必要があると考えた。また、撮影時のカメラと路面標示の距離によって誤検出が増えた場合もある。撮影時にカメラと路面標示の距離があった場合、画像中の路面標示のサイズが小さくなる。よって、3.3 節で述べたように T_p の値が小さくなり、一致度が下がり、擦り切れ度は大きくなったと考えた。この様なことは、画像中に含まれる路面標示のサイズが小さい場合に起きやすいと考えた。この事から、点線のような小さな白線が複数写った画像から擦り切れを検出する場合、輪郭の検出数が増えることと、白線の一つ一つのサイズが小さいことから、白い部分全体の画素数に対して、輪郭の画素数が占める割合が大きくなるため、提案手法では正しい判別が出来ない

可能性がある。また、白い部分が小さいために、強く平滑化すると白い部分が潰れてしまい正しい判断が出来ないことがある。よって、サイズの小さい白線に対しては本稿の提案手法だけで検出するのではなく、機械学習を用いることによって正しく検出することを検討する必要があると考えた。

また、日中だけでなく、夕方や夜といった時間帯の変化や天候の変化によって撮影される画像に変化があるのか、変化した場合に現在の提案手法で擦り切れの検出が行えるのかを検討していく必要がある。

実験結果および以上の考察から、走行時の車両に取り付けたカメラで撮影した画像にも提案手法による擦り切れ検出手法は有効だと判断した。

4. まとめ

本稿では、カメラを用いることで特殊な車両を使用せずに路面標示の状態検出手法を提案した。提案手法では車両に取り付けられない状態では、一致度を用いた擦り切れの検出精度は 87.5%、適合率は 61.9%を示した。一方で、擦り切れ度を用いた擦り切れの検出精度は 87.9%、適合率は 71.9%の精度を示した。どちらも検出精度が 8 割を上回っており、適合率も 6 割以上だった。

次に車両に取り付けて停止時と走行時の撮影実験と検出実験を行った。カメラは車両の下腹部に取り付けることで周りの風景などが映り込むことを防ぐことが出来たため、プライバシーの問題も解消した。また、走行速度が上がるにつれて同じ路面標示を撮影した場合にも、画像を平滑化したようなぼやけが生じたが、走行速度に関わらず、擦り切れの有無によって擦り切れ度に差が生じることが確認できた。また、一致度を用いる場合には平滑化を手持ちで撮影した場合よりも弱めることで対応できたが、走行速度が上がると擦り切れの有無による一致度の差は小さくなることが分かった。そして、それぞれの検出手法によって走行時にカメラで撮影した画像から擦り切れの検出を行い、一致度を用いた検出手法では正しく検出した精度は 89.1%、適合率は 60.7%だった。一方で、擦り切れ度を用いた擦り切れの検出精度は 97.4%と 9 割以上を示したが、誤検出率も 87.1%と高く、適合率は 52.7%に留まった。どちらの検出手法についても、しきい値の定め直しや機械学習による白線検出の導入など適合率を上げる手段の検討が必要だが、本稿の提案手法による擦り切れ検出は、走行時の車両に取り付けたカメラで撮影した画像にも有効であると判断した。

今後、定常的にデータを集めることで、天候や時間帯による環境の変化や、本稿よりも速い走行速度での撮影時においても、路面標示の状態が判別できる撮影が行えるか検証する。また、その様な環境下で撮影した画像でも本稿の提案手法による擦り切れ検出が有効か検討していく必要が

ある。

参考文献

- 1) 総務省統計局 “平成 22 年国勢調査”
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>
- 2) 総務省 “平成 25 年度版地方財政白書”
http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/chihou/25data/index.html
- 3) 国土交通省 “NETIS 新技術情報提供システム”
<http://www.netis.mlit.go.jp/>
- 4) 青木 義満 “ITS 画像センシング技術の新潮流と活用”
UCWinRoad 協議会 2009
- 5) 野田 雅文, 高橋 友和, 出口 大輔, 井出 一郎, 村瀬 洋, 小島 祥子, 内藤 貴志 “位置依存識別器を用いた車載カメラ画像からの路面標示検出” 電気学会論文誌.D, 産業応用部門誌 p.466-p.474 2011
- 6) 岸野 泰恵, 須山 敬之, 納谷 太, 米澤 拓郎, 中澤 仁, 徳田 英幸 “スマートシティ実現に向けた車載型大気情報センシングシステム” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM 2014) p952-p958 2014
- 7) 佐藤 育郎, 山野 千晴, 柳川 博彦 “車載嗅覚カメラを使った移動物体検知” Denso technical review 17, 109-118, 2012
- 8) 二宮 芳樹 “車載周辺のセンシング・認識技術” システム制御情報学会 55(1) p8-13 2011
- 9) 史 中超, 史 云, 柴崎 亮介 “車載ステレオ画像とレーザデータの融合による道路標の自動抽出手法
- 10) 浜尾 和秀, 石川 泰弘, 橋本 健一, 高樋 昌, 宗像 友男, 石川 修司, 櫻井 俊明 “スマートフォンを活用した道路状況センシングとその局所的情報交換のための車車間通信の研究開発: スマートフォン Bluetooth を用いたすれちがい通信による車車間通信の研究開発” 電子情報処理学会研究次報告.ITS 112(72)p19-24 2012