

道路区画線の剥離評価と夜間視認性評価に関する研究*

Study on Evaluation of Stripping and Night Visibility of Road Markings*

木下雅央**・浅田拓海***・本多誠司****・亀山修一*****・川端伸一郎*****

By Masahiro KINOSHITA**・Takumi ASADA***・Seiji HONDA****

Shuichi KAMEYAMA*****・Shinichiro KAWABATA*****

1. はじめに

道路区画線は、車両通行によって汚損、磨耗、剥離などの損傷が生じる。特に、北海道では、冬季における路面整正などの除雪作業によって、区画線が剥離し、視認効果が大きく低下するため、定期的な点検と塗り直しが必要となる。北海道の年間の塗り直し費用は、国道、道道、市町村道を含め、約30億円に上る。わが国では、近年の厳しい財政状況を受けて公共事業費の削減が継続して行われており、道路維持管理費は減少傾向にある¹⁾。このような背景の下、区画線の塗り直しを効率的に実施するためには、区画線の損傷度を的確に評価する必要がある。

全国道路標識・標示業協会刊行の路面標示ハンドブック²⁾では、表-1のように、区画線の損傷度を夜間視認性、外観、剥離の3つの項目から総合的に評価する方法を提案している。夜間視認性評価では、区画線の表面に散布されるガラスビーズの夜間反射率を反射輝度計で計測する。外観評価では、5人以上の観測者が約3mはなれた地点より区画線を視認し、その第1印象で区画線の外観を評価する。剥離評価では、現場で区画線を真上から撮影した拡大写真を用いて剥離面積の割合、すなわち剥離率を求める。同ハンドブックでは、上記の項目別評価方から算出される総合評価が3点未満となる場合、区画線を塗り直す必要があるとしている。通常、上記のような区画線の評価は、2~5km毎に設けられた地点で行われている。しかしながら、積雪地域では、除雪などによって区画線の損傷は路線内において大きく変動するため、区画線を点ではなく連続した線として評価する必要がある。

著者らは、過去の研究において、走行する車両内から20m間隔で撮影した区画線画像の画像特徴量から剥離率を推定する手法を開発した³⁾。

*キーワード：維持管理計画、情報処理

**学生員，学士，北海道工業大学大学院 土木工学専攻
(札幌市手稲区前田7条15丁目4-1，

TEL：011-681-2161，E-mail：q09403@hitac.jp)

***学生会員，修士，北海道工業大学大学院建設工学専攻

****正会員，(社)北海道道路標示業協会

*****正会員，博士，北海道工業大学都市環境学科

表-1 剥離率と夜間視認性の評価指標

評価項目	外観(A)		剥離(D)	夜間視認性(N)
	視認による第1印象		剥離率 (%)	反射輝度 (mcd/m ² ・lx)
評価ランク	5	施工初期と変わらず良好	3%以下	247以上
	4	やや変色あるが標示機能は十分	3~8	186~247
	3	汚れ、質変、ブリードなどを認めている	8~23	126~186
	2	汚れ、質変などが著しい	23~40	65~126
	1	原形がなく流れ、汚れがあり視認性が悪い	40%以上	65未満
総合評価 = 0.3A + 0.3D + 0.4N				

この手法によって、路線内における剥離率の変動(以下、剥離率プロファイル)を求めることができる。しかしながら、この手法では、走行車両内から捉える区画線を対象としているため、得られる剥離率は、真上から捉えた場合とは必ずしも一致しない。また、剥離率から区画線の塗り直しを判断するためには、夜間視認性評価や外観評価との関係を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、札幌市内の国道2路線において、真上からの区画線の撮影および反射輝度の測定(夜間視認性評価)を実施し、走行車両内から撮影した画像から推定される剥離率(以下、走行画像剥離率: ESR)と、真上から撮影した画像から求まる剥離率(以下、従来剥離率: TSR)の関係、及びこれら剥離率と反射輝度の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 調査の概要

本研究では、車道の路端より白の実線でペイントされている車道外側線(以下、外側線)を対象に、走行画像剥離率調査、従来剥離率調査、反射輝度調査の3項目の調査を実施した。いずれの調査も、図-1に示す札幌市内の国道2路線(R12, R36)で実施した。

(1) 走行画像剥離率調査

左側車線を走行する車両の助手席から前方の路面を20m間隔で撮影した。撮影には一眼レフデジタルカメラ(Canon EOS Kiss Digital X)を用い、路面からの高さが1.3m、視線の俯角を2°となるように撮影した(写真-1)。画像記録サイズは2816×1880ピクセル(垂直画角=35°、水平画角=52°)、シャッター速度は1/320秒に設定

した。撮影には、車両のコントロールユニット部から得られる車速パルスを変換し、設定した距離間隔でシャッター信号をカメラに転送する制御装置（シーンプロファイラ）を用い、法定制限速度以下で走行した。

調査は、平成21年5月（H21年春）、10月（H21秋）と、平成22年5月（H22春）の3回実施した。H21春とH22春は区画線の塗り直し前、H21秋は塗り直し後である。なお、日射の影響を考慮し、いずれも路面が乾燥している日の午前9時から午後4時の時間帯に撮影を行った。

(2) 従来剥離率調査と反射輝度調査

従来剥離率調査と反射輝度調査は、走行画像剥離率調査より得た値がばらつくように選定したR36、R12のそれぞれ50箇所を実施した。測定箇所では、図-2に示すように、3つの測点（A、B、C）を設け、区画線の撮影および反射輝度の測定を行った。従来剥離率調査では、路面からの高さ1mからデジタルカメラを用いて区画線を撮影した。反射輝度の測定では、反射輝度計MIROL UX 7を用いた。この装置は、投光器より出された光がガラスビーズの中で屈折し、反射して再び光源方向へ戻り、それを受光器が感知し反射量を数値化する。

調査は、春先（平成21年）の区画線の塗り直しが実施される前の6/4、区画線塗り直し直後の7/17、8/3（塗り直しから17日後）、8/18（32日後）、8/31（45日後）、9/14（59日後）、10/15（90日後）、11/19（125日後）、翌年（平成22年）の塗り直し前の5/13（300日後）の計9回実施した。

3. 走行画像剥離率と従来剥離率の関係

(1) 剥離率の算出方法

著者らは、過去の研究において、走行車両内から撮影した区画線画像からテンプレートマッチング法（以下、TM）によって小領域を抽出し、その画像から得られる濃度ヒストグラム特徴量、同時生起行列特徴量、一般化次元を用いて重回帰分析を行い、これらの画像特徴量から走行車両剥離率ESRを推定する式を求めた。ESRは以下の手順で算出する。外側線は、図-3に示すように、車内から撮影した路面画像の左下の領域（解析領域）に位置する。この領域にTMを適用し、図-3に示すような小領域（以下、評価領域）を検出する。TMは、図-4に示すような、テンプレート画像（以下、T画像）を、解析対象全域を網羅するようにスライドさせて照合し、T画像との類似度が最大となる領域を検出する手法である。類似度には、相互相関係数を採用した。次に、抽出された画像（評価領域）から濃度ヒストグラム特徴量、同時生起行列特徴量、一般化次元を算出し、以下の式(1)を用いてESRを求める。



図-1 調査路線



写真-1 設置状況

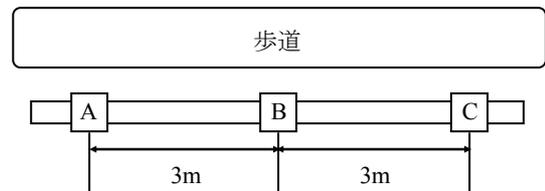


図-2 測定箇所

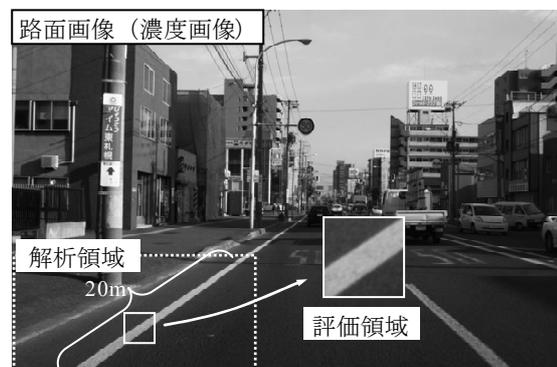


図-3 解析領域と評価領域

$$ESR(\%) = 12.6 \ln(KT) + 20.0 \ln(CR) - 73.2D(8) + 215.5 \quad (1)$$

ここで、

- KT : 濃度値の尖度
- CR : 同時生起行列の相関
- D(8) : 一般化次元 ($q=8$)

従来剥離率TSRの算出は、以下に示す通りである。剥離が生じている区画線は、図-5に示すように、塗料が残留している領域（以下、残留領域）と剥離領域に分割できる。剥離領域は、塗布領域（境界線で囲まれる領域）から残留領域を差し引いた領域であり、剥離率は、式(2)によって求めることができる。

$$TSR(\%) = \frac{\text{塗布領域} - \text{残留領域}}{\text{塗布領域}} \times 100 \quad (2)$$

従来の方法では、トリミングと2値化処理を用いて、塗布領域と残留領域を決定している。この方法では、元画像を参照しながらトリミングする範囲と2値化処理に用いる閾値を決定している。そこで、本研究でも、上記のような閾値決定手法を用いて、真上から撮影した区画線からTSRを算出した。

(2) 走行画像剥離率と従来剥離率の関係

平成21年の区画線塗り直し前における従来剥離率TSRと走行画像剥離率ESRの関係を図-6に示す。ESRは、TSRよりも小さくなる傾向が見られるものの、両者は強い相関を示すことが分かった。

全国道路標識・標示業協会刊行の「路面標示と交通安全」⁴⁾では、目視によって塗り直しを判断する場合の目安となる区画線画像（真上からの撮影画像）が掲載されている。その画像からTSRを算出したところ42%であった。この値から図-6の関係式よりESRを算出すると18%であったことから、この値を走行画像剥離率の塗り直し基準とみなし、H21春とH22春における調査路線のESRの変動（以下、剥離率プロファイル）に適用した（図-7）。同図に示した点線を上回る区間が、塗り直しが必要と判断される。H21春における塗り直し基準を超える割合は、R12では71%、R36では79%であった。H22春における塗り直し基準を超える割合は、R12では84%、R36では85%であった。

4. 剥離率と反射輝度の関係

区画線塗り直し前における反射輝度と従来剥離率TSRの関係を図-8に示す。反射輝度とTSRの間には、強い

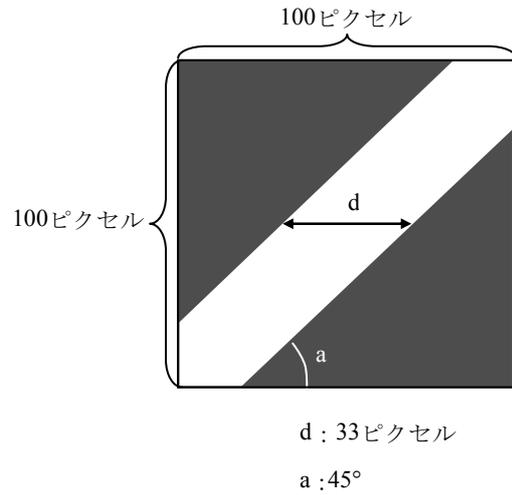


図-4 テンプレート画像

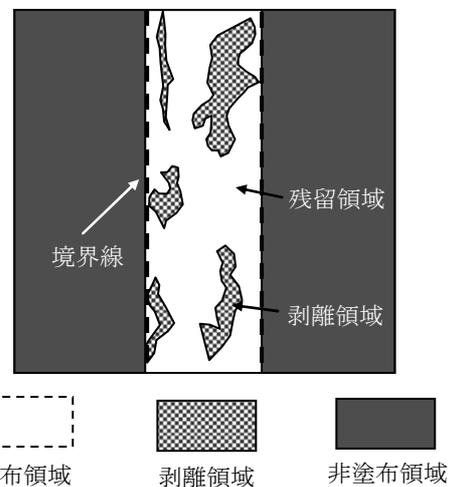


図-5 塗布領域と剥離領域

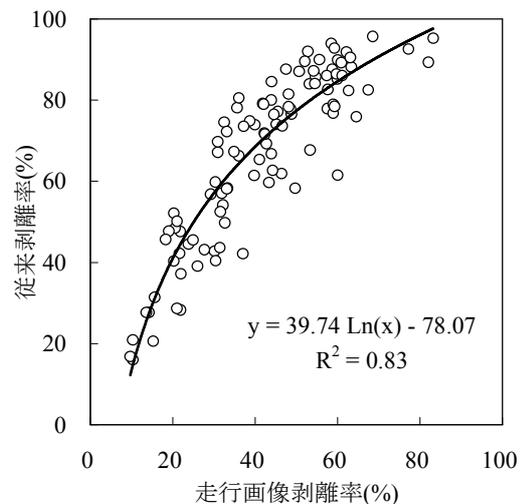


図-6 走行画像剥離率と従来剥離率の関係

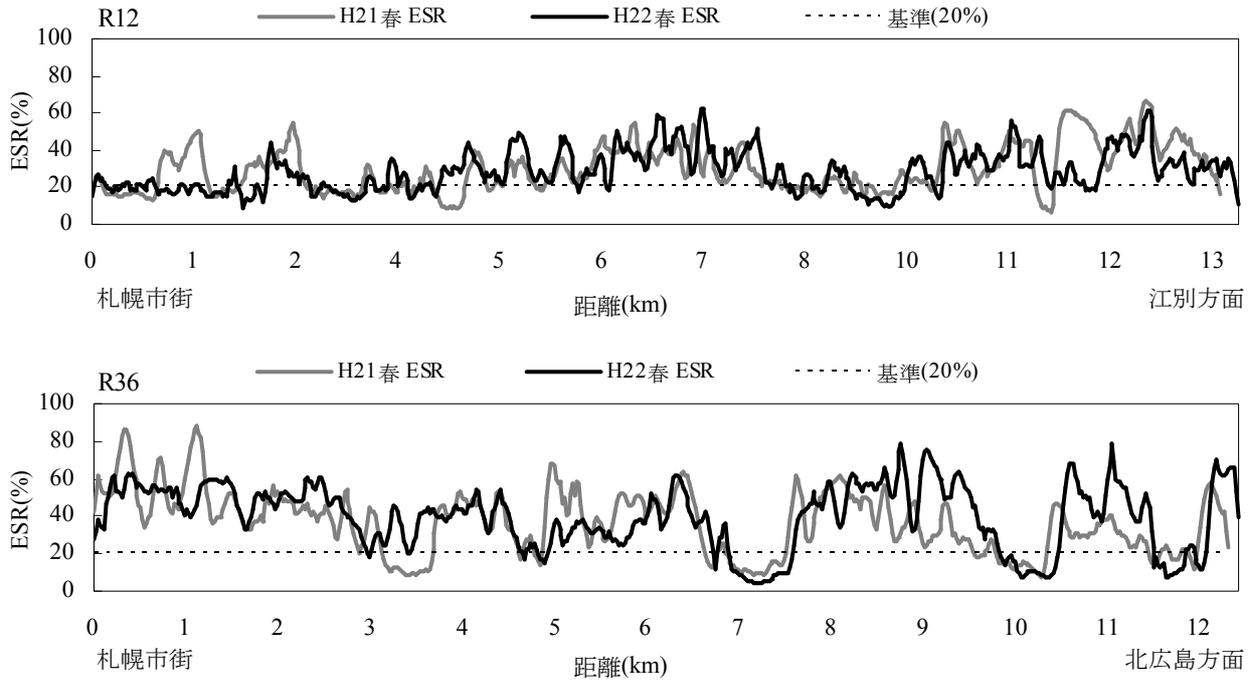


図-7 調査路線の剥離率プロフィール

相関が見られることから、反射輝度は塗料の剥離に起因すると考えられる。

次に、反射輝度と走行画像剥離率ESRの関係を図-9に示す。TSRの場合と比べ、決定係数 R^2 値が若干小さいが、ESRと反射輝度の間には強い相関が見られる。また、同図の関係式に表-1の反射輝度の評価ランクを適用し、各評価ランクに対応するESRを算出した。評価ランク5は、ESRが7%以下、評価ランク4は、ESRが7%~10%、評価ランク3は、ESRが10%~17%、評価ランク2は、ESRが17%~41%、評価ランク1は、ESRが41%以上であった。これらの値を調査路線の剥離率プロフィールに適用し、各ランクに相当する区間の割合を抽出した(図-10)。H21春H22春ともに、R12は、評価ランク2が最も多く、R36は評価ランク1が最も多いことが分かった。

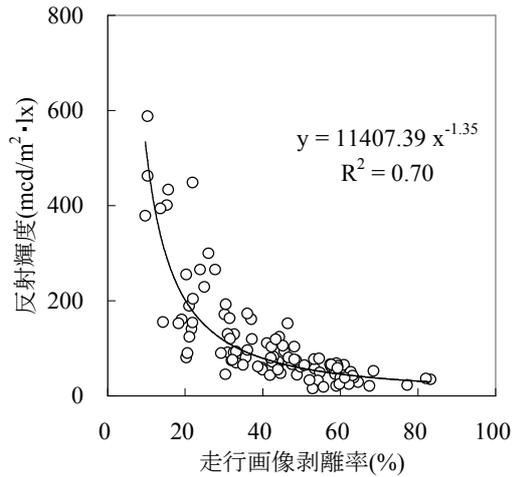


図-9 走行画像剥離率と反射輝度の関係

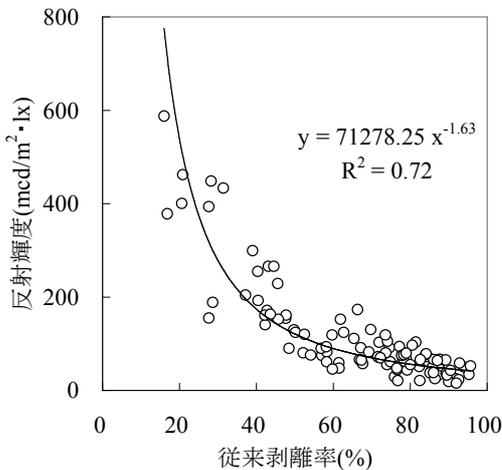


図-8 従来剥離率と反射輝度の関係

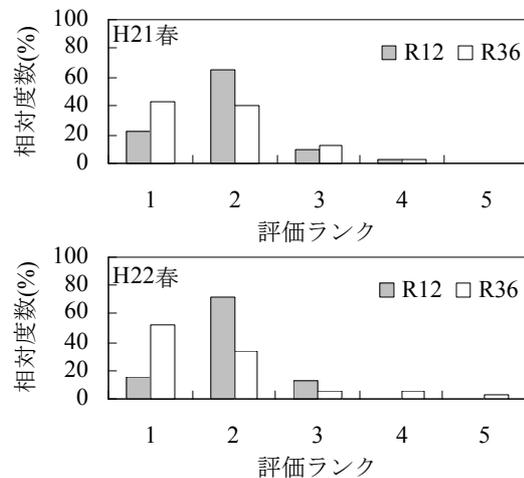


図-10 調査路線の反射輝度評価結果

5. 塗り直し後における反射輝度と剥離率の経時変化

第4章では、区画線の塗り直し前における反射輝度は塗料の剥離に起因することが分かった。しかし、塗り直し後、すなわち剥離がほとんど無い状態では、反射輝度は、塗料の剥離ではなく、車両通行などによる磨耗によって減少すると考えられる。そこで、本章では、塗り直し後における反射輝度および剥離率の経時変化について検討した。

調査路線内における従来剥離率の平均値の経時変化を図-11に示す。R12、R36ともに、塗り直し直後から125日までは、日数の経過とともに徐々に剥離率が増加するが、125日から翌年（H21春）の雪解け後（塗り直し直後から300日後）にかけては急激に増加する。これは冬季の路面整正などの除雪作業によって区画線が削られ、大きく剥離したためと考えられる。

調査路線内における反射輝度の平均値の経時変化を図-12に示す。塗り直し直後では、R12はR36よりも高い値を示しているが、低下傾向はほぼ同じである。

次に、塗り直し後の反射輝度を塗り直し直後の測定値で除した値（以後、反射輝度低下率）を求めた。R12とR36における反射輝度低下率の経時変化を図-13に示す。両路線ともに、塗り直し直後から45日までは大きく減少しているが、45日から125日までは減少は小さい。しかし、125日から300日までは大きく減少することが分かった。

6. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 走行画像剥離率と従来剥離率には、強い相関がみられた。走行画像剥離率は、従来剥離率に比べ、約20%程度低い値を示すことが分かった。
- R12とR36の剥離率プロファイルに塗り直し基準を適用すると、塗り直し基準を超える割合は、H21春では、R12が71%、R36が79%であった。H22春では、R12が84%、R36が85%であった。
- 反射輝度評価ランクに対応するESRを剥離率プロファイルに適用し、各ランクに相当する区間の割合を抽出したところ、H21春、H22春ともにR12は評価ランク2が最も多く、R36は評価ランク1が最も多いことが分かった。
- 反射輝度と従来剥離率には、強い相関があり、剥離率が増加するとともに反射輝度は低下する傾向があることが分かった。
- 冬季の路面整正などの除雪作業によって、R12では、従来剥離率は約50%増加し、反射輝度は約350

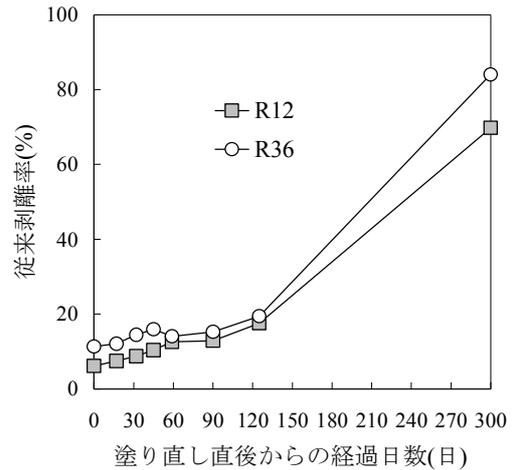


図-11 塗り直し直後からの従来剥離率の経時変化

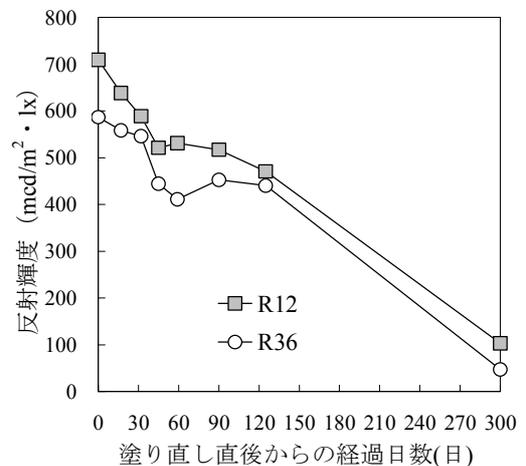


図-12 塗り直後からの反射輝度の経時変化

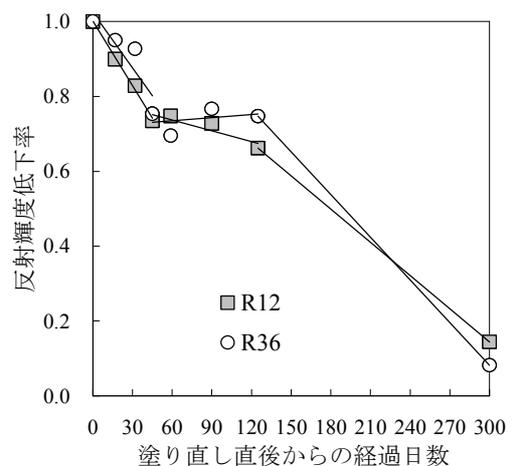


図-13 反射輝度低下率の経時変化

$\text{mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$ 低下し、R36では、従来剥離率は約65%増加し、反射輝度は約 $420 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{lx}$ 低下することが分かった。

- ・ 調査路線における反射輝度は、塗り直し直後から45日までは大きく減少するが、45日から125日までは減少が小さくなる、125日から300日までは大きく減少することが分かった。

参考文献

- 1)小澤隆：道路域管理の現状と課題，レファレンス，No.675，pp.53-70,2007.
- 2)全国道路標識・標示業協会：路面標示ハンドブック，共立速記印刷（株），1998.
- 3)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，部門F，投稿中
- 4)全国道路標識業協会：技術資料Vol.8－路面標示と交通安全一，（社）全国道路標識・標示業協会関東支部東京都協会，2008.