

IT技術「道路区画線診断システムROADVIEWER」 を活用して維持補修工事の流れをかえる

冲野 仁¹

¹宮川興業株式会社 建設・交通事業部 交通グループ

自動車の自動運転の実用化と普及に向けて区画線の重要度も高まってきている。標示業界としても区画線の整備を進めるために、現状を把握する事が急務となっている。しかしながら道路上での作業では、通行車両との接触などの懸念があるため、安全確保のために、撮影箇所毎に交通規制を行なう必要があり、また撮影箇所や評価範囲は、調査員の主観によって選択されることから、結果のばらつきや過剰評価の可能性が指摘されている。

そこでIT技術の活用により、インフラ整備に求められている“簡単かつ定量的”な診断を実現するシステムを構築した。

キーワード：区画線診断，AI，ニューラルネットワーク，道路維持管理，道路附属物点検

1. はじめに

2014年橋、トンネル、歩道橋、門型標識、2016年舗装、2017年小規模附属物の各点検要領が通知された。これらの平成26年以降4年間の点検実施状況は、橋梁80%、トンネル71%、道路附属物等75%（平成30年8月）で、路面標示（区画線及び道路標示）は通知されていないが、そもそも耐久力は溶融式で1年、ペイント式で6か月（国土交通省中国地方整備局土木工事共通仕様書3-2-3-9）全容を把握することは困難であり、手が回っていないのも現実である。しかし道路利用者にとって、路面標示の機能性は交通事故等の安全性にも影響があり、特に自動運転の実用化にむけて道路インフラには様々な要求が求められている中で、ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）のもっとも重要な部分の一つである路面標示の重要性は高く「構造の観点だけでなく道路機能の観点から維持管理ニーズを評価する必要がある」¹⁾「路面標示は、政策立案者や道路所有者が利用できる最も費用対効果の高い安全ソリューションの1つ」²⁾であり、昨今の自動運転の実用化にむけて路面標示の役割は、人だけでなく機械からの認識という新しい視点も求められている。

本提案は、IT技術の活用により、インフラ整備に求められている“簡単かつ定量的”な診断によりメンテナンスサイクルを効率的に確立することをめざしたものである。

2. IT技術で点検方法をかえる

(1) 従来の調査方法

全国道路標識・標示業協会では路面標示の塗り替え評価を①

外観、②剥離（耐久性）、③夜間の視認性の3つの指標によりランク付けすること³⁾を提案している。道路上で調査員が作業するため交通災害などの安全性のリスク、調査費、交通規制費を含めたトータルコスト等の経済性、目視評価によりすべてを対象とすることは不可能であり、路面標示のライフサイクルにみあう点検手法の確立が求められている。メンテナンスサイクルの確立という視点から単純に劣化箇所抽出するだけでなく効率的に補修サイクルも視野にいれた情報取得が必要である。

(2) 安全性の向上と作業の平準化・・・撮影モジュール

a) デジタル一眼レフカメラ

道路利用者→ドライバー→走行車両からの情報取得に重点を置き、複雑な仕組みなしに単純に走行するだけで必要な画像を取得する「簡単で定量的な」手法の開発を目指した。

画像取得方法として、まず既存の資産やシステムを組み合わせNikon デジタル一眼レフカメラ D3300+Pinout（Bluetoothカメラコントロールで撮影間隔等をスマートフォンアプリから制御）+スマートフォンをセットにしたモジュール構成で取り組んだ。Pinoutは、デジタル一眼カメラをスマートフォンでコントロールできBluetoothで繋ぐことで、リモートシャッターやGPS機能、タイムラプス等の機能が使用することができるなかなか優れたアクセサリである。しかしテスト過程で、一定の間隔で撮影していると、振動等で焦点ぼけが発生することが判明した。さらにデジタル一眼レフカメラのシャッター耐久回数（寿命）が数十万回であることが判明。一般的な使用頻度では問題ないが、1年足らずで耐用年数を超えてしまう可能性があり断念した。

b) スマートフォン

次に着目したのがスマートフォンである。操作性や画像取得性能などスマートフォンは一眼レフに匹敵する進化を遂げており、何よりもシャッターの耐久回数という問題も存在しないと



図-1 車内への取付状況



図-2 撮影モジュール画面

ということで一般的に普及しているAndroid 搭載端末を選定し撮影モジュールを開発した。

機能として①撮影間隔（10m, 20m, 30m, 40m, 50m）②解像度（Wide, Normal, Small）③タイトル（画像保存時に使用）を設定することができる。スマートフォンを図-1のように車載し、設定距離で自動的に撮影することで路面の画像情報を簡単に取得でき（図-2）、取得画像データには位置情報が付加され、Bluetoothリモコンで任意の位置での撮影も可能である。なおシャッター間隔は機種や設定した解像度によるが、車速が早い場合はGPS取得周期と撮影周期が間に合わず、指定した距離よりもシャッター間隔が長くなる場合があるため距離を正確に指定したい場合は、車速を十分落として使用する必要がある。

スマートフォンはSIMフリーの2万円程度、数千円の取付架台をいれても初期投資はかなりリーズナブル、特別な機械器具が不要というのが大きなメリットである。なお走行ボケを防止するため、付属の固定具により運転の妨げにならない箇所（国土交通省の定める「道路運送車両の保安基準」）へしっかりと設置する必要がある。

この撮影モジュールを使えば、道路路面上で作業する必要がなく、車と運転免許さえあれば誰でも調査することができ調査時の安全性の向上と作業の平準化を図ることができる。スマートフォンを装着するだけという手軽さは日常点検を実施する道路維持パトロール車のみならず会社の営業車等にも搭載して必要な情報を取得することができる。また取得したデータの活用は、道路上に設置された防護柵等の道路附属物の管理等、幅広い活用が期待される技術である。

3. IT技術で点検作業の簡素化と判定の標準化

(1) クイック診断・・・診断モジュール

a) 区画線領域の自動認識

撮影画像から区画線領域を認識するプログラムの開発は、画像処理・画像解析および機械学習等の機能をもったOpenCVを使用した。診断フローは図-3で示すテンプレートマッチング等の手法を組み合わせることで区画線の認識をおこなった。①診断画像全体の90%以上マッチした輪郭のとれたものを画像テンプレートとして使用し、②輪郭の抽出、舗装やコンクリート等による道路画像の色特徴等を分析をふまえ、区画線領域を100×100ピクセルで抽出し、③抽出領域の剥離率を算出した。区画線の左右の同時判定、白色と黄色の区画線の識別判定（図-4）など随所に作業の省力化をはかる工夫を行っている。

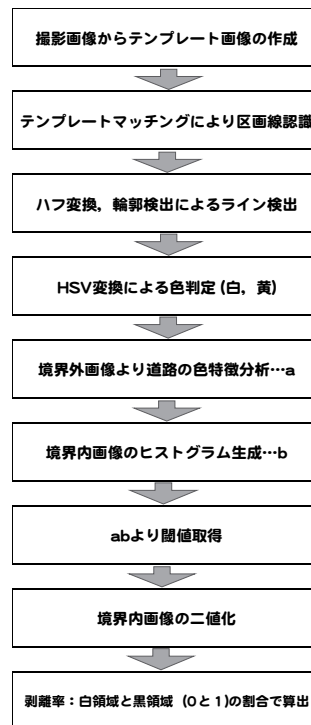


図-3 区画線認識及び剥離率算出フロー

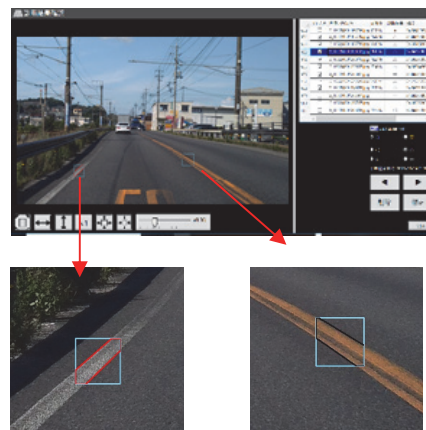


図-4 区画線領域の自動抽出、剥離率の計算

b) 剥離率による定量化と評価判定

路面標示の劣化状況、健全度判定については、世界中でも様々な手法⁴⁾が検討されている。全国道路標識・標示業協会の路面標示ハンドブックで使用されている反射輝度ASTM-D1011-52については、すでに廃止となっており、これらの研究成果と単純比較はできないが既往研究⁵⁾等、専門機関での検証、自動運転をみすえた人と車の新しい基準の策定が必要である。

道路の交通に関する統計「平成29年中の交通事故の発生状況」（警察庁）では交通事故死の約半分が夜間で致命率は昼間の2.5倍となっている。夜間走行の安全性のファクターとして路面標示の重要性はいうまでもない。ドライブシミュレーションを活用した「路面標示劣化に対する運転行動に関する研究」⁶⁾で「路面標示の再塗装基準として設定されているランク3は路面標示の劣化度合いだけでなく昼夜の明るさ変化による影響を考慮すると再塗装基準として適切である」との検証結果もある。本システムはこの結果もふまえ、同ハンドブックの塗り替え基準を参考に「簡単かつ定量的」な診断として、全体把握を主眼に「剥離率」という数値結果を定量化することとした。また地図上で識別しやすいように15%未満を良好、15-50%未満を警告、50%以上を不良の3つに健全度をランクわけした。評価ランク4、5を○（健全）、評価ランク3△（予防）、評価ランク2、1×（塗り替え）とし、剥離率の%は上記の範囲内で設定した。

調査画像の剥離率を算定するプログラムは、平成27年度「路面標示の耐久性について」（同協会関東支部）で使用実績のある区画線剥離率算出プログラム図-5を調査用に改良した。区画線領域の自動認識から診断までのクイック診断は20Km区間の調査で左右で約2000枚、パソコンのスペックにもよるが十数分程度で終了することができる。

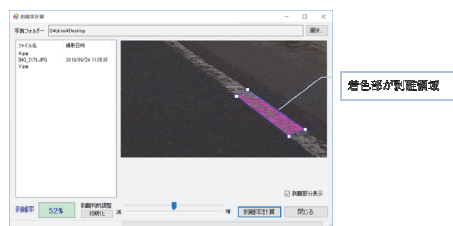


図-5 剥離率算出プログラム

c) 診断結果確認

システムによる自動診断後、撮影画像の手動修正を可能としている。①摩耗・剥離等の劣化がかなり進行している場合等、区



図-6 診断結果確認画面

画線領域の誤検出時の補正。②交通量やカーブ区間、事故多発箇所など重み付け等、道路管理者としての要請も考慮することができる。一覧表で道路画像全体、剥離率、診断結果等を確認することができる。

4. IT技術でメンテナンスの見える化

(1) 診断結果を3色で表現

撮影モジュール・診断モジュールの結果を地図情報システム（GIS）によって視覚的確認ができるモジュールとしてメンテナンス情報の見える化を実現した。診断結果は撮影画像のEXIF情報に記載されているため、地図上への展開は診断結果のフォルダ毎ドラッグ&ドロップするだけでできてしまう簡単が良い。なお撮影した軌跡と走行画像が座標情報でリンクしているためマウス指示により地点の走行画像が瞬時に閲覧できる。背景地図は、無償で利用可能な地理院タイルデータやオープンストリートマップを使用している。



図-7 ビューアモジュール画面

診断結果の評価ランクを地図上に3色（赤・黄・青）で色分けして表示するようにし、路線毎の健全度を簡単に把握することができるようにした。道路維持管理や工事設計にも再利用できるように国土交通省「道路基準点システム」から距離標をダウンロードして地図上に重ねて表示することも可能とした。

(2) 診断結果から概算延長を算出

撮影画像の緯度経度情報をもとに各地点間の距離を算出し、左側の車線をL、右側をRで、赤、黄、青の各延長の合計を表示するようにしている。なお任意のエリアを抽出する機能もあるため指定したエリアの概算延長を確認することができる。

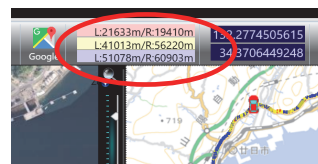


図-8 各ランクのL左、R右の延長を表示

5. 実績及び検証

ROADVIEWERを活用しての調査は、全国的に取り組みが始まっているが、中国地方整備局管内での取り組み例を紹介する。平成30年度可部・広島区画線工事に於いて、RoadViewerを使用しての実態調査として発注者の承諾をえて国土交通省広島国道事務所管内の重複路線を除いて222.1Km、このうち広島維持出張所管内及び可部国道出張管内での全路線を調査した。

調査結果は、机上にて管内の各路線の状況をノートパソコンで監督職員に「立会」していただき補修範囲の確定も赤表示されているエリアから優先順位をきめて抽出することでスムーズにかつその場で決済いただいた。(図-9) 調査結果では塗り替え対象の区画線が15.8%、予防をあわせるとストック数の半数以上が対象となっており(図-10)、現行の予算ベースでは耐久カバースのメンテナンスサイクルの確立は困難であることも判明した。なお調査データを無料のビューアをセットして納品するため、インターネットに接続できるパソコンであればいつでも確認することができる。

実際に反射輝度を測定して検証した様子が図-11である。剥離率50%：赤で30~99mcd/m²・lx、剥離率15%：黄でも平均110mcd/m²・lxと評価ランクでは2レベルを示した。

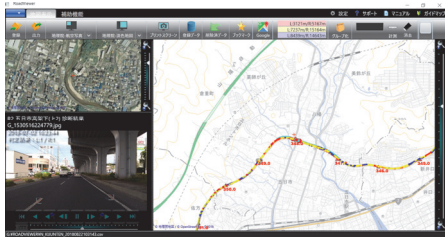


図-9 調査結果 (無料のビューア)

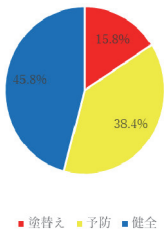
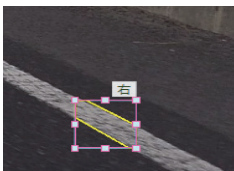


図-10 調査結果2



ROADVIEWER の判定



施工前の反射輝度測定



施工後の反射輝度測定 (398mcd/m²・lx)

図-11 ROADVIEWER での認識領域と反射輝度測定状況

6. AI診断とメンテナンスサイクル

(1) 畳み込みニューラルネットワークによる診断

AI診断モードは、「車載カメラを用いたマルチレーン剥離率推定」「畳み込みニューラルネットワークを用いた道路区画線の視覚的劣化度推定」等のユニークな研究実績のある長岡技術科学大学と共同研究による開発を行っている。

AIでの評価はブラックボックスになるとの指摘もある。区画線診断の基準、いわゆる教師データの作成方法が重要である。幸い教師データはクイック診断モードで取得した大量データを活用することができるため、そこでの診断結果を参考にすることができる。教師データの作成を全国、地方、路線単位で学習することで、管理している地方単位のメンテナンスサイクルつまり点検・診断・措置・記録を確立し、また路線の交通量や事故発生状況などを実際の路線データ、蓄積データ、経年変化を学習することで次の教師データとなって次年度以降のメンテナンスサイクルの充実をはかることができるのである。

(2) AI活用と今後の課題

維持補修工事でのROADVIEWERの活用により、これまでのメンテナンスサイクルの流れを劇的に変えようとしている。建設現場でのAI活用は、高性能のスマートフォンやGPUを搭載したパソコンが身近に入手できるようになって実現した。ROADVIEWERは、こうしたIT技術を積極的にとりいれ区画線だけでなく路面標示全体についての評価や診断その他道路附属物の評価への適用も視野にいたった開発もすでにスタートさせている。建設現場でメンテナンスの有効なツールとして、引き続きそのニーズにこたえる。

謝辞：ROADVIEWERは、撮影モジュール及び地図表示モジュールをASロカス株式会社、診断モジュールを宮川興業株式会社、AI技術を長岡技術科学大学岩橋研究室で共同開発したものである。関係の方々のご支援に感謝する。

参考文献

- 1) 吉田武, 道路機能の観点からの道路区間の維持管理ニーズの評価, 国立研究開発法人土木研究所
- 2) International Road Federation, STATEMENT OF POLICY “Road Markings” January 14, 2014
- 3) 路面標示ハンドブック, 全国道路標識・標示業協会
- 4) Assessment of the Performance of Road Markings in Urban Areas: The Outcomes of the CIVITAS RENAISSANCE Project, The Open Transportation Journal, 2013, 7, 7-19
- 5) 平澤匡介, 武本東, 葛 聡, 北海道における区画線塗り替え基準の検討について, 寒地土木研究所月報第686号
- 6) 三林洋介「路面標示劣化に対する運転行動に関する研究」平成29年度調査研究報告書, 首都大学東京東京都立産業技術高等専門学校