

# 沿道住民および道路利用者を考慮した生活道路のネットワークレベル舗装評価

可知 宏太<sup>1</sup>・浅田 拓海<sup>2</sup>・有村 幹治<sup>3</sup>・亀山 修一<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)  
E-mail: 20041020@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 室蘭工業大学 助教 大学院工学研究科  
E-mail: asada@mmm.muroran-it.ac.jp (Corresponding author)

<sup>3</sup>正会員 室蘭工業大学 教授 大学院工学研究科

<sup>4</sup>正会員 北海道科学大学 教授 都市環境学科

市町村が管理する生活道路は、住民の身近な存在であるため、データに基づく客観的かつ効果的な舗装マネジメントを展開する必要がある。本研究では、都市内を網羅する舗装状態、住宅立地、交通量の 3 つのデータを空間結合して、沿道住民と道路利用者を考慮した生活道路のネットワークレベル舗装評価方法を提案した。提案方法は、当該箇所の舗装状態と交通量に加え、周辺の舗装状態や住宅分布に基づいて優先順位付けを行い、修繕対象区間を抽出する。室蘭市でのケーススタディおよび従来方法との比較の結果、提案方法では、交通量あるいは沿道住民の重要性パラメータを大きくすることで、住環境改善につながる舗装修繕の効果が大きい区間や地区を優先的かつ一体的に抽出できることを示した。

**Key Words:** Rodeside residents, Network-level pavement evaluation, Deep-Learning, Spatial Analysis

## 1. はじめに

近年、道路の老朽化が進み、生活道路においても舗装損傷が多く発生している。生活道路は、住民の身近な道路であるため、道路利用者だけではなく、沿道の住民にも様々な影響を及ぼす。例えば、舗装損傷による交通騒音や振動は、以前から問題視されており、様々な対策が講じられている<sup>1)</sup>。また、著しいひび割れやポットホールは、地域住民の歩行や自転車走行の安全性を低下させ、転倒事故の報告も少なくはない<sup>2)</sup>。都市によっては、これらの問題に対処できず、住環境の質が低下しているケースが少なくはないと予想される。海外では、SSCs (Sustainable Smart Cities) のコンセプトとして、ICT 活用による都市業務の効率化を通して、公平な都市サービス、住環境改善などの問題解決が推進されている<sup>3)</sup>。生活道路の舗装維持管理についても、住民を考慮した舗装のあり方<sup>4)</sup>、住民苦情データやそのバイアス<sup>5)7)</sup>などに関する研究が積極的に進められており、単に、舗装を維持修繕する、という枠組みではなく、将来の市民生活に直結する重要な都市サービスとして認識されている。このような未来志向型の舗装マネジメントを目指すためには、網羅的かつ客観的な舗装調査データに基づくネッ

トワークレベルの舗装評価<sup>8)</sup>、さらに、道路利用者と沿道住民の 2 者を考慮した優先順位付けを行い、修繕効果の高い区間を決定する新しいアプローチが必要となる。

しかしながら、生活道路は管理延長が膨大となるケースが多いため、ネットワークレベルの舗装評価を行うことは極めて難しい。舗装調査は、通常、専用車両<sup>9)</sup>や特殊機器<sup>10)</sup>を用いて実施されており、これらは高速道路や一般国道では採用されるものの、コストパフォーマンスの面から生活道路への導入はほとんどない。平成 28 年に策定された舗装点検要領<sup>11)</sup>では、定期的かつ確実な点検の実施のために目視点検<sup>12)13)</sup>が追加されたが、作業に多大な時間と人員を要するため、網羅的な点検には至っていない。このような舗装点検の効率化のニーズから、近年、様々な ICT 関連技術や分析手法が開発されている。例えば、スマートフォンを活用した住民報告システム<sup>14)</sup>やモデル分析<sup>15)</sup>などのような標本調査データを用いたアプローチが幾つか報告されている。しかしながら、生活道路の舗装損傷は、局所的かつ突発的に発生するため、標本調査データでは、住民視点による修繕が必要な箇所を見逃す可能性がある。また、沿道住民を考慮した修繕の優先順位付けを行うためには、舗装状態に加えて、その周辺にどの程度住民がいるのか、どの程度道路を利用

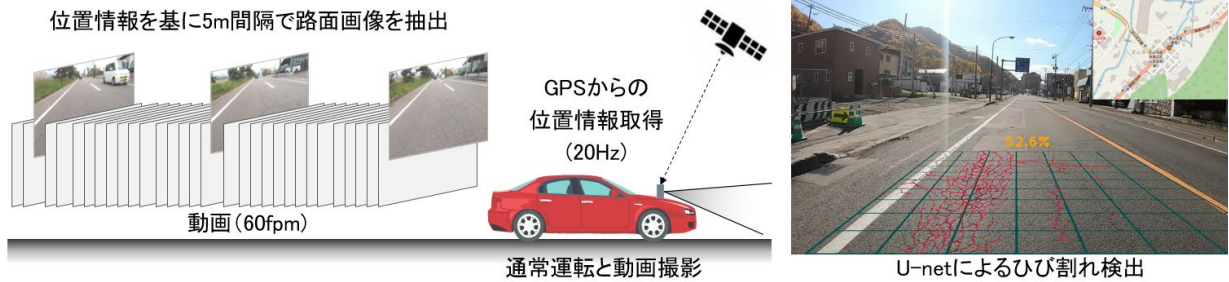


図-1 U-netによるひび割れ検出を導入したカメラ搭載型舗装点検技術<sup>20)</sup>の概要

しているのかも考慮する必要がある。したがって、まずは、現在の舗装状態を網羅的に点検し、そのデータを用いて客観的かつ効果的なネットワークレベルの舗装評価を行うことが重要である。

昨今では、AI技術や市販デバイスの導入による舗装調査の効率化が期待が期待されている。例えば、スマートフォン<sup>16)</sup>やビデオカメラ<sup>17)</sup>を一般車両に設置する低コスト・簡易型の舗装点検技術が次々と開発され<sup>18)</sup>、実用化され始めている。著者らも、このようなコスト効果的な点検技術として、車載カメラと深層学習(CNN: Convolutional Neural Network)を用いた簡易点検システムを開発し、さらに、それを用いて、室蘭市の全管理道の舗装点検を単年度で実施した<sup>19)</sup>。加えて、その舗装点検データベースの活用として、舗装損傷度の空間的自己相関と周辺住宅を考慮した修繕箇所の面的なスクリーニング方法を提案した<sup>20)</sup>。しかしながら、これらの先行研究では、以下の課題が残っていた。1つ目は、従来のひび割れ評価の再現性の面から深層学習モデルを改善させる必要がある。これについては、すでに解決しており、U-netによるピクセルレベルのひび割れ検出を行うことで、従来のひび割れ率との整合性を高めた<sup>20)</sup>。2つ目は、交通量が考慮されていなかった点である。生活道路の交通量は少ないため、舗装損傷への影響は小さいものの、多くの住民が利用し、損傷に対する不満、苦情の発生につながることを考えると、重要性は大きい。3つ目としては、提案方法の有効性について定量的な評価に至っていないことが指摘される。提案方法を導入することで、修繕の効果がどの程度得られるのか、従来方法との比較を通して示すべきである。

以上から、本研究では、対象都市を網羅する舗装点検、住宅、交通量の3つデータを統合化し、沿道住民および交通量を考慮した生活道路のネットワークレベル舗装評価方法を提案する。さらに、室蘭市でのケーススタディおよび従来方法との比較を通して、提案方法の有効性を明らかにする。本論文の構成は以下の通りである。第2章では、提案方法およびデータについて説明する。提案方法は、当該箇所と舗装状態と交通量、さらに周辺の舗装状態と住宅分布に基づいて修繕の優先順位付けを行う。

第3章では、提案方法を室蘭市に適用して、修繕対象区間を抽出し、それらを修繕した場合の効果を計測して、従来方法との比較を行う。第4章は、まとめとする。

## 2. 方法およびデータ

### (1) データおよび修繕効果の定義

本研究で用いる室蘭市の舗装点検データ、住宅立地データ、交通量データの概要を示す。また、これらのデータを用いた舗装修繕効果の指標について説明する。

#### a) 舗装状態に関するデータおよび修繕効果

著者らの先行研究<sup>19),20)</sup>において、室蘭市を対象に行なった舗装調査で撮影した動画データを用いる。このデータは、市販のアクションカメラ(Gopro Hero6)を用いて、走行しながら前方路面を撮影したものである(図-1a)。調査期間はH28年6月から11月であり、全管理道路約800km(往復方向)を撮影している。また、この動画から5m間隔の道路点毎に抽出した路面画像が得られている。本研究では、改良した深層学習モデル<sup>20)</sup>を用いて、ひび割れ率(CR: Crack Ratio)を算出した(図-1b)。このCR[%]は、路面画像に深層学習(U-net)を適用することで算出しており、既存の同型技術や目視点検よりも高い精度が得られている(図-1c)。

本研究では、当該道路点の舗装状態だけではなく、周辺道路点の舗装状態も考慮した優先順位付けを行う。そこで、5m毎のCRデータを用いて、損傷舗装の空間的広がり(SEDP[%]: Spatial Extent of Damaged Pavements)を次の式(1)により算出する。

$$SEDP_i = \sum_{j=1}^n CR_j \times w_{ij} \quad (1)$$

$CR_j$ は周辺道路点 $j$ のCR、 $w_{ij}$ は、当該道路点 $i$ とその周辺道路点 $j$ のユークリッド距離[m]の逆数に基づく重みである。なお、計算コストの面から、当該道路点の半径100m以上にある周辺道路点は除外する。SEDPは距離の

逆数による  $CR$  の加重平均値であり、周辺道路点の  $CR$  が大きく、近いほど、値が大きくなる。当該道路点の  $CR$  が大きくても、 $SEDP$  が小さい場合は、局所的な舗装損傷であることを意味する。損傷舗装が広がっている住宅地内で、 $SEDP$  が大きい道路点を修繕することは、その沿道だけではなく、周辺の住環境改善にもつながる。そこで、修繕対象の抽出後、区間内の全道路点の平均  $SEDP$  により「面的修繕効果」を評価する。

#### b) 沿道住民に関するデータと修繕効果

都市内を網羅する住宅立地データとして、室蘭市の都市計画基礎調査データを採用し、住宅の位置情報および延床面積のデータを分析に用いる。この調査は 2007 年に実施されたものであるが、住宅分布に大きな変化はなく、分析に使用しても問題はない。

損傷舗装の近くに住宅が多いほど、多くの住民が、交通騒音や振動、歩行や自転車走行の安全面、などに対する不安や苦情が発生する確率が高い<sup>6,22,23)</sup>。そこで、住宅立地データと 5m 間隔の道路点データを用いて、周辺住宅の空間的広がり ( $SERH$  [ $m^2$ ] : Spatial Extent of Roadside Housings) を次の式(2)により算出する。

$$SERH_i = \sum_{j=1}^n S_j \times w_{ij} \quad (2)$$

$S_j$  は周辺住宅  $j$  の延べ床面積 [ $m^2$ ]、 $w_{ij}$  は当該道路点  $i$  と周辺住宅  $j$  のユークリッド距離 [ $m$ ] の逆数に基づく重みである。 $SEDP$  と同様に、半径 100m 以上にある周辺住宅は計算から除外する。 $SERH$  が大きい場合、当該道路点の近くに、多くの住民が存在することを意味する。したがって、 $SERH$  が大きい道路点の舗装を修繕することで、多くの住民がそのサービスを受益できる。そこで、修繕抽出区間内の全道路点の平均  $SERH$  により「沿道住民受益量」を評価する。

#### c) 交通量に関するデータおよび修繕効果

生活道路の交通量データは、全国的に整備されていない。そこで、本研究では、パーソントリップ調査 (PT 調査) から算出された OD データを基に、市内全道路の配分交通量 (日交通量) を推計した。具体的には、平成 28 年度室蘭都市圏 PT 調査データを用い、交通需要予測ツール「Visum」を利用して配分交通量を算出した。配分モデルは、利用者均衡配分モデルが採用される場合が多いが、生活道路に適用した結果、ある一か所に交通量が集中してしまい、現実的ではない結果となった。そのため、本研究では、確率的均衡配分モデルを採用した。

路線毎の日交通量を各 5m 道路点に割り当て、その点の通過交通量 ( $TV$  [台/日] : Traffic Volume) とした。沿道住民は、日常的に同じ道路を利用することから、 $TV$  が

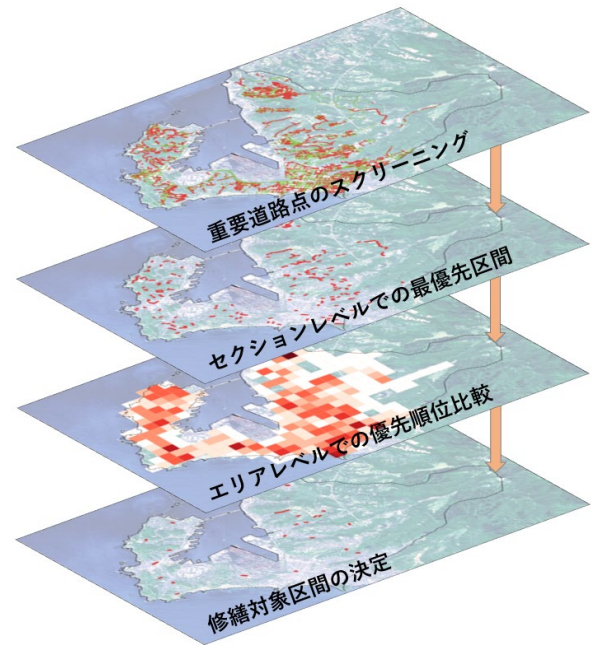


図-2 提案方法の概要

大きい道路点は、住民からの関心度が大きく、沿道住民の人口と同じように、舗装損傷に対する不満や苦情の発生につながると考えられる。したがって、修繕対象区間の平均  $TV$  から、「道路利用者受益量」を計測する。

#### (2) ネットワークレベル舗装評価方法

提案方法は、図-1 に示すように、段階的な処理を行って修繕の優先順位付けを行う。生活道路では多くの箇所でも舗装損傷が生じているが、中には、局所的な損傷や交通量が少ない箇所、また、沿道に住宅が少ない箇所も多く存在する。そこで、まず、従来の舗装診断方法をベースに、修繕の必要性が高い箇所をスクリーニングする。次に、スクリーニングされた箇所に注目して、それらの箇所数から区間レベル、地区レベルで優先順位付けを行い、最終的に舗装修繕対象区間を抽出する。

#### d) 舗装診断区分による重要道路点のスクリーニング

従来の舗装診断では、舗装評価結果 (ひび割れ率、IRI、わだち掘れ量など) を 3 段階のランクに区分し、特に最大ランク区分 3 を重要な箇所として抽出し、修繕可否を検討している<sup>24)</sup>。すなわち、舗装状態のみによる診断であり、交通量や周辺の損傷舗装、住宅の分布などは考慮されていない。そこで、本研究では、従来の診断区分に整合するように  $CR$  をベースとし、さらに、 $SEDP$ 、 $SERH$ 、 $TV$  を加えた新たな診断区分を導入する。

まず、 $CR$ 、 $SERH$ 、 $TV$  を用いて、式(3)により、当該道路点の舗装評価として、修繕必要性指数 ( $RNI$  [%] : Repair Need Index) を導入する。

$$RNI_{\alpha} = CR \times NSERH^{\alpha} \times NTV^{\beta} \quad (3)$$

$NSERH$ ,  $NTV$ は、それぞれ  $SERH$ ,  $TV$ を 1 から 3 の範囲で正規化した値である。また、 $\alpha$ ,  $\beta$  は、それぞれ周辺住宅、交通量の重要性パラメータであり、0 から 1 の値を取る。これにより、例えば、 $\alpha$ ,  $\beta$  ともに 0 とすれば、従来の  $CR$  のみによる舗装評価となる。 $\alpha$  を大きくすると、沿道住宅が多い道路点では  $RNI$  が大きくなる。 $\beta$  を大きくすると通過交通量が多い道路点の  $RNI$  が大きくなる。

次に、 $RNI$  と  $SEDP$  を用いて、舗装診断区分を行う。従来では、 $CR=20\%$ ,  $40\%$  の 2 つの基準を使用して、ランク 1, 2, 3 に区分している。本研究では、これをベースとして、周辺の舗装状態を考慮したより詳細な区分を行う。 $SEDP$  と  $RNI$  のプロットは、図-2a のようになる。 $\alpha$ ,  $\beta$  が 0 の場合、 $RNI$  は  $CR$  に等しいため、従来と同じように 3 つに区分できる。さらに、 $SEDP$  は  $CR$  の加重平均値であるため、 $CR$  の基準を適用できる。したがって、ランク 3 を、さらに、 $SEDP=20\%$ ,  $40\%$  の基準により、ランク 3L (Low), ランク 3M (Middle), ランク 3H (High) に細かく区分でき、特に、ランク 3H を「重要道路点」としてスクリーニングできる。 $SEDP$  の低いランク 3M や 3L は、局所的な舗装損傷を意味する。一方、ランク 3H の重要道路点は、当該道路点と周辺道路点の舗装がともに損傷している箇所であり、住宅エリアにおける損傷舗装の広がりや住民に与える影響を考える上では修繕の必要性が高い。

図-2b, 図-2c に示すように、 $\alpha$ ,  $\beta$  を大きくすると、 $RNI$  が増加し、ランク 1, 2 の道路点がランク 3L, 3M, 3H に遷移する。この内、ランク 3H に変化した道路点は、 $CR$  が小さいものの、 $SEDP$  が 40% 以上であり、周辺の舗装が著しく損傷しているため、それらと一体的、連続的に修繕対象として抽出されることとなる。この  $\alpha$ ,  $\beta$  は、両者をともに大きくすることも可能であり、道路管理者は、地域や道路の特性、使用可能なデータに応じて設定できる。

#### e) マルチレベルの優先順位付け

スクリーニングされた重要道路点のデータを用いて、図-2 に示す手順で 2 段階の優先順位付けを行う。まず、室蘭市の評価および修繕の区間単位は 100m であることから、全路線を 100m 区間に分割する。次に、各区間毎に、重要道路点をカウントし、セクションレベルの優先順位を設定する。重要道路点数が最大の区間が最優先となるが、これが同等である場合、次に、エリアレベルで優先順位付けを行う。エリアレベルの優先順位付けは、0.5km メッシュ毎にカウントした重要道路点数を比較し、大きい方の区間を最終的な修繕対象区間として決定する。

#### (3) 修繕効果の比較分析

上記の方法で修繕対象区間を抽出し、区間内道路点の平均  $SEDP$ , 平均  $SERH$ , 平均  $TV$  を算出する。そして、

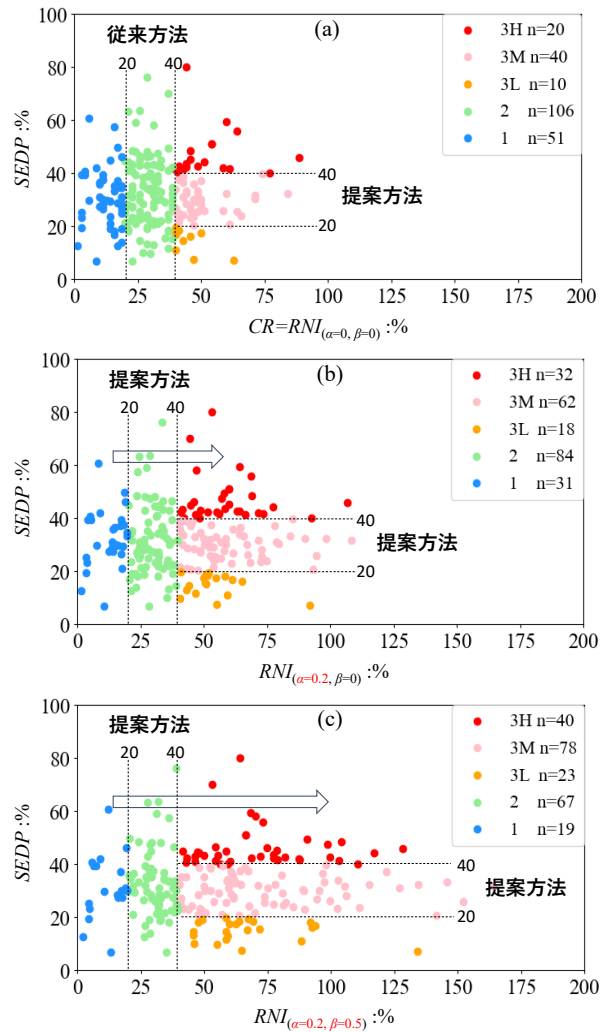


図-3 舗装の診断区分

それらを修繕した場合の効果として、それぞれ「面的修繕効果」、「沿道住民受益量」、「道路利用者受益量」を評価する。そのため、まず、年間における抽出可能な区間数を設定する。室蘭市では、毎年約 4km を修繕（ポットホール等の日常的な補修は除く）していることから、これを参考に年間の抽出区間長は 4km (100m 区間×40 区間) とした。また、次回は、5 年後の 2023 年に再度、全面的な舗装調査を予定していることから、本研究では、上記の区間抽出を 5 年分行う。

提案方法の有効性を示すため、従来方法についても同様に、修繕効果を推計する。現在のところ、室蘭市のように網羅的な舗装調査データが揃っている市町村はほとんどないが、今後の舗装点検効率化を見据えて、データが揃っている状況を想定する。具体的には、提案方法のセクションレベルの優先順位付けのように、区間内の重要道路点（ランク 3）の数をカウントし、同等な場合は、それらの区間平均  $CR$  を比較して、最も大きい区間を修繕対象として決定する。

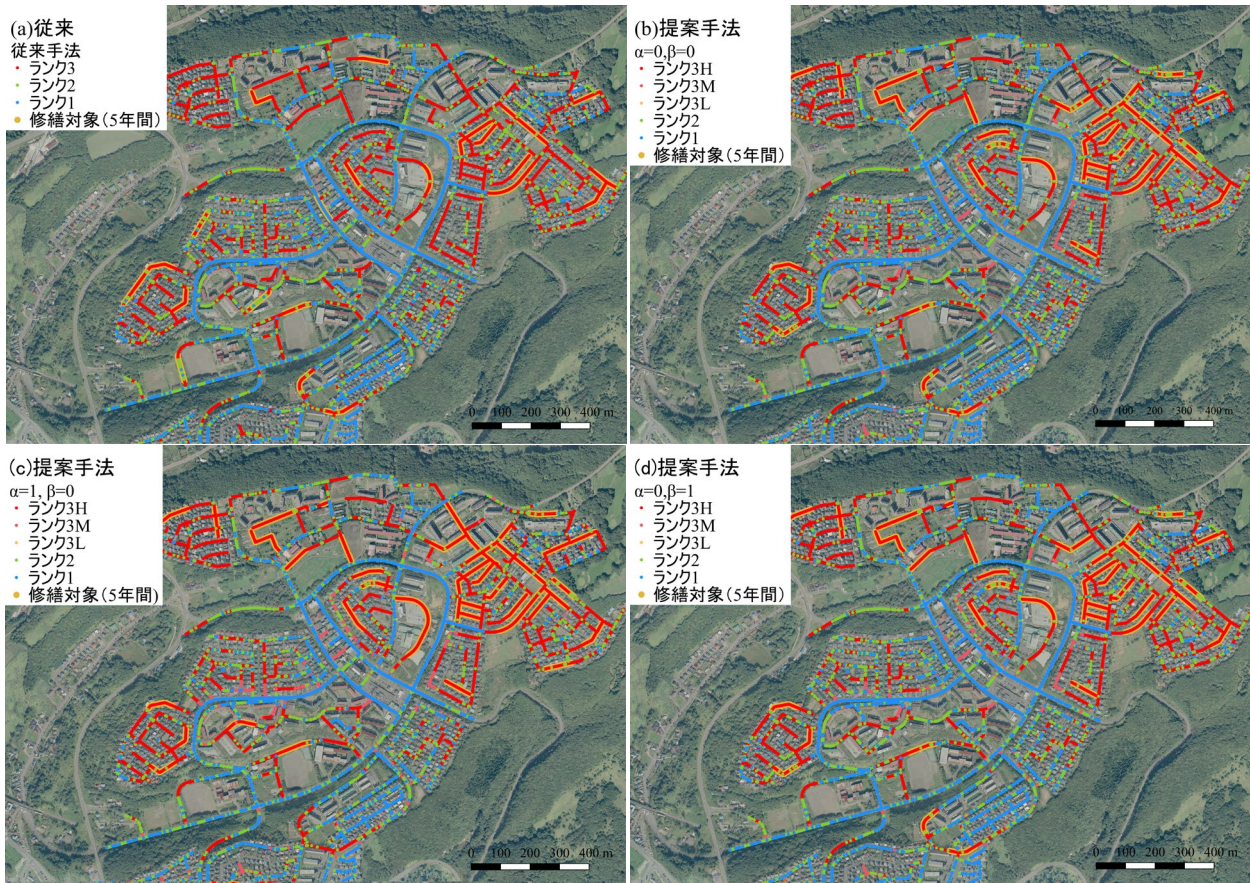


図4 重要道路点のスクリーニング結果（白鳥台地区）

### 3. 結果と考察

#### (1) 重要道路点のスクリーニング

重要道路点のスクリーニング結果を GIS 上に可視化した。ここでは、一例として、住宅が密集する室蘭市白鳥台地区の結果を図-4に示す。まず、従来方法では、重要道路点（ランク 3）が極めて多く、至るところに広がっていることがわかる（図-4a）。提案手法（ $\alpha=0, \beta=0$ ）では、 $SEDP=40\%$ の基準を適用することで、重要道路点（ランク 3H）が大幅に減少し、局所的な舗装損傷箇所が除外された（図-4b）。ランク 3Hは、当該道路点と周辺道路点の  $CR$  がともに大きいホットスポットであるため、重要道路点は、一体的、連続的にスクリーニングされる。さらに、 $\alpha$ だけを1にすると、周辺住宅が多い区間では重要道路点が増加し、より一体的となる。この白鳥台地区は、都市全体の中でも集合住宅が多いため、 $SERH$ の影響が大きい。このような区間や地区は、セクションレベル、エリアレベルの優先順位が上がり、舗装修繕対象として選出されやすくなる。一方、 $\beta$ だけを1にした場合は、大きな変化は見られない。この地区では、都市全体の中で比較的交通量が少ないため、 $\beta$ を大きくしても重要道路点の増加は少なく、むしろ優先順位が下がっていると推測される。

#### (2) 舗装修繕対象区間の抽出

次に、各方法で抽出した修復対象区間を可視化した結果を図-5に示す。まず、従来方法を見ると、年毎に、都市全体の様々な地区から抽出されていることがわかる（図-5a）。次に、提案方法（ $\alpha=0, \beta=0$ ）を用いると、図-5bに示したように、従来方法と比較して、年毎の区間にまとまりが見える。特に、地区A（図-4の白鳥台地区）の住宅地では、1、2年目に多くの区間が修繕対象となっている。その一方で、地区Bなどのような山間の道路では、抽出年が4、5年目と後回しになるか対象から外れるケースが多い。このような山間部や田園部の道路は、 $CR$ が大きくても周辺に道路がないため、提案方法では、重要道路点になりづらい。 $\alpha$ だけを1にした場合（図-5c）は、地区Aで修繕対象区間がさらに増え、1～3年目の対象区間がこの地区に集中していることがわかる。図-3に示したように、この地区では、 $CR$ と $SEDP$ がともに大きいランク 3Hの箇所が極めて多く、沿道に多くの住宅が立地している。そのため、 $\alpha$ を大きくすると、セクションレベル、エリアレベルでの優先順位が上がり、このように多くの区間が早期の修繕対象となった。続いて、 $\beta$ だけを1にした場合（図-5d）を見ると、地区Aの修繕区間が若干少なくなり、地区C（輪西地区）で、1年目の修繕対象区間が増えた。この地区Cは、幹線道

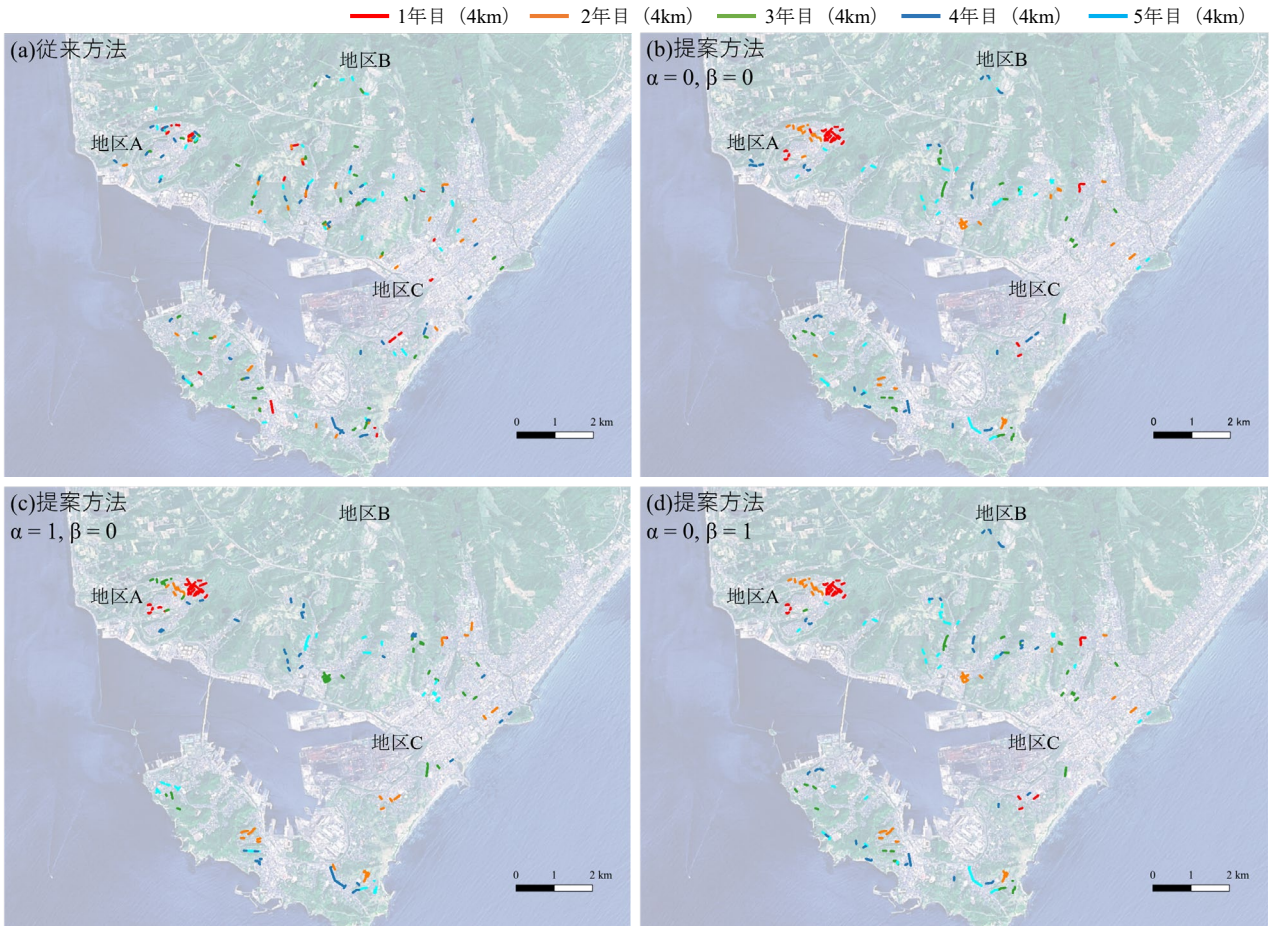


図-5 修繕対象区間の抽出結果

表-1 修繕効果の比較 (従来方法の結果を1とする)

年	平均 <i>SEDP</i> (面的修繕効果)				平均 <i>SERH</i> (沿道住民受益量)				平均 <i>TV</i> (道路利用者受益量)			
	$\alpha=0$	$\alpha=1$	$\alpha=0$	$\alpha=1$	$\alpha=0$	$\alpha=1$	$\alpha=0$	$\alpha=1$	$\alpha=0$	$\alpha=1$	$\alpha=0$	$\alpha=1$
	$\beta=0$	$\beta=0$	$\beta=1$	$\beta=1$	$\beta=0$	$\beta=0$	$\beta=1$	$\beta=1$	$\beta=0$	$\beta=0$	$\beta=1$	$\beta=1$
1	0.96	0.96	0.96	0.94	0.97	1.06	1.00	1.09	0.77	0.76	0.85	0.93
2	0.96	0.95	0.97	0.94	1.25	1.41	1.34	1.49	2.16	2.22	2.58	2.95
3	1.14	1.02	1.08	1.05	1.34	1.66	1.36	1.66	1.84	2.17	2.21	2.24
4	1.11	1.13	1.14	1.08	0.71	1.35	0.88	1.46	0.89	2.37	1.26	2.71
5	1.40	1.28	1.39	1.32	1.67	1.07	1.45	1.14	1.14	0.70	0.92	0.64
合計	1.11	1.07	1.11	1.06	1.19	1.31	1.21	1.37	1.36	1.64	1.57	1.89

路 (国道 36 号線) が近くにあるため、地区内の生活道路の *TV* も比較的多い。さらに、細かい碁盤の目上に生活道路が広がっており、*SEDP* が大きくなる傾向にある。そのため、 $\beta$  を大きくすることで、重要道路点の増加による優先順位の向上につながったと考えられる。

以上のように、提案方法では、周辺住宅や交通量の重要性パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  を大きくすることで、*CR* が小さい箇所が周辺と一体的に重要道路点としてスクリーニングされ、区間や地区の優先順位向上に寄与する。各重要度の設定に応じて、一定の区間や地区を集中的に修繕すべき対象として抽出できるため、損傷舗装が広がる住環境

の早期改善につながる。

### (3) 修繕効果の比較

最後に、上記の抽出区間を修繕した場合の効果を表-1 に示す。ここでは、1 年毎あるいは 5 年合計について、従来方法による値を 1 とした「増加率」で比較する。まず、「面的修繕効果」では、2 年目までは増加率が 1 以下となるが、3 年目以降は 1 以上となり、5 年の合計としては 1.06~1.11 を示した。提案方法と用いることで、少しばかりではあるが、損傷舗装が広がる箇所をより多く修繕対象として抽出できることが示された。次に、「沿

道住民受益量」では、年毎で値がばらつくが、おおよそ増加率は 1 以上を示した。1 年毎の推計では 4km (40 区間) とデータが少なく結果がばらつくため、以下では、5 年合計 (200 区間) の結果から考察する。 $\alpha$  (沿道住民の重要性) が 0 の場合、増加率は 1.19 であるが、 $\alpha$  を 1 にすると、1.31 にまで増加した。さらに、 $\beta$  (交通量の重要性) も 1 にすると、若干の増加が見られた。したがって、提案方法に導入したパラメータ  $\alpha$  を大きく設定することで、*SERH* が大きい区間を抽出でき、舗装修繕の効果をより多くの住民に提供できるといえる。続いて、「道路利用者受益量」では、 $\beta$  を 1 にすると、増加率が 1.36 から 1.57 に増加し、さらに、 $\alpha$  を 1 にするとさらに 1.89 にまで増加した。このような  $\beta$  と  $\alpha$  の相乗効果は、交通量が多い箇所は、周辺住宅も多い傾向にあることを表していると考えられる。すなわち、その抽出区間は、多くの沿道住民が道路利用者としても利用しており、路面に対する関心度も高いと思われる。優先的かつ集中的な修繕を行うことで、多くの住民の不満や苦情を解消させることにつながると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、都市内を網羅する舗装点検、住宅立地、交通量の 3 つのデータを空間結合してネットワークレベルの舗装評価を行い、沿道住民と道路利用者を考慮した修繕の優先順位付け方法を提案した。さらに、室蘭市でのケーススタディおよび従来方法との比較を行い、提案方法の有効性について検討した。得られた成果を以下に示す。

- 従来の CR による舗装診断区分をベースに、さらに、沿道住民、道路利用者の重要性パラメータ  $\alpha$ ,  $\beta$  および周辺の舗装状態 (*SEDP*) を適用する新たな診断区分を導入した。その結果、当該道路点と周辺道路点の CR がともに大きい重要道路点を一体的にスクリーニングできることを示した。さらに、 $\alpha$ ,  $\beta$  を大きくすると、周辺住宅や交通量が多い区間や地区で重要道路点が増加することを示した。
- スクリーニングした重要道路点を、セクションレベル (100m 区間)、エリアレベル (0.5km メッシュ) で集計し、このマルチレベルの優先順位付けに基づいて修繕対象区間を抽出した。その結果、従来の舗装状態のみによる抽出に比べ、提案方法では、舗装損傷が広がる住宅密集地区で抽出が増え、さらに、 $\alpha$  を大きくすると、この地区は優先的かつ集中的な修繕対象となった。また、 $\beta$  を大きくすると、幹線道路に近い住宅地区に修繕対象が増加することも確認した。
- 抽出された区間の修繕効果を評価し、従来方法を 1 と

した増加率を求めた。その結果、提案方法による「近隣住民受益量」は、 $\alpha$  を 1 に設定する場合、増加率は 1.31 となった。さらに、「道路利用者受益量」は、 $\alpha$  と  $\beta$  を 1 にすると 1.89 にまで増加することが分かった。以上の結果から、都市内を網羅する舗装調査およびそのデータを用いたネットワークレベルの舗装評価は、住環境改善を目的とした舗装マネジメントに有効であることが示された。ただし、より高度なマネジメントのためには、プロジェクトレベルによる LCC 推計や修繕シナリオ分析なども重要である。これについては、現在、舗装診断士による教師データと説明可能な AI を用いた舗装損傷原因の判別モデルを構築中であり、室蘭市の動画データに適用してより詳細な分析を行う予定である。このようなコストや便益などの試算も重要であるが、生活道路においては、まずは、提案方法のような、膨大な舗装損傷箇所から、修繕対象を客観的に選定できるツールを道路管理者に提供することが先決である。これによって、効果的な修繕箇所を特定でき、住環境の改善につながることであれば、住民の不満や苦情の解消につながるものと思われる。このような舗装の観点からの住環境改善は、昨今、SSCs の分野でも活発化しているところであり、騒音や振動による健康被害、苦情の発生とその社会的・地理的バイアス、住宅街の美観喪失など様々な面から研究が進められている。生活道路の舗装点検やネットワークレベルの舗装評価は、上記のような研究のベースとなることから、今後もデータ構築および手法論の展開を進めたい。

**謝辞:** 本研究で用いた舗装点検 DB は、室蘭市との共同研究により構築したものである。同市建設部土木課には、全管理道路における走行調査において多大なるご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。本研究は、JSPS 科研費 JP20K04730 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- 1) 環境省：環境白書，2001.
- 2) 国土交通省：国土交通データプラットフォーム始動～約 22 万件の国土に関する情報の連携を開始～，2020，
- 3) <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20200424.pdf> (閲覧日：2021/09/23)
- 4) United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)：Sustainable Smart Cities,
- 5) <https://unece.org/housing/sustainable-smart-cities> (閲覧日：2021/09/30)
- 6) Cao, R., Leng, Z., Yu, J., & Hsu, S. C.: Multi-objective optimization for maintaining low-noise pavement network system in Hong Kong. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88, 102573, 2020.
- 7) Pasindu, H. R., Gamage, D. E., & Bandara, J. M. S. J.: Framework for selecting pavement type for low volume roads. *Transportation Research Procedia*, 48, pp.3924–3938, 2020.
- 8) Kontokosta, C. E., & Hong, B.: Bias in smart city governance: How socio-spatial disparities in 311 complaint behavior impact the fairness of data-

- driven decisions. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102503, 2021.
- 9) Wu, W. N.: Determinants of citizen-generated data in a smart city: Analysis of 311 system user behavior. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102167, 2020.
  - 10) 日本道路協会：舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針, pp.14-19, 2018.
  - 11) 全邦釘, 井後敦史, 南免羅裕治, 黒木航汰, 大窪和明：車載カメラにより撮影された舗装画像からのディープラーニングによるひび割れ率評価, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.73, No.3, pp.I\_97-I\_105, 2017.
  - 12) 江口利幸, 川村彰, 富山和也, 高橋茂樹, 遠藤慶三：横断プロファイルの 3 次元点群データ化による路面の変状評価に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.73, No.3, pp.I\_71-I\_78, 2017.
  - 13) 国土交通省道路局：舗装点検要領, 2016.
  - 14) 杉浦聡志, 亀山修一, 坪井勤, 高橋敏彦, 市川晴信, 美濃加茂市の生活道路の舗装維持管理における目視点検の導入に向けた諸検討, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.70, No.3, pp.I\_25-I\_31, 2015.
  - 15) 亀山修一, 金森弘晃, 井上昌幸, 浅田拓海, 川端伸一郎：舗装路面の目視点検の精度に関する研究, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.71, No.3, pp.I\_25-I\_30, 2015.
  - 16) Seto, T., Sekimoto, Y.: Trends in Citizen-Generated and Collaborative Urban Infrastructure Feedback Data: Toward Citizen-Oriented Infrastructure Management in Japan, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 115, 2019.
  - 17) 金子 雄一郎, 荻原 和久, 高木 久, 伊藤 克広, 松島 哲弥：舗装本抽出手法を用いた対象道路網全体の路面状態の推定に関する研究, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.70, No.3, I\_165-I\_171, 2014.
  - 18) 寺野聡恭, 小金丸暁, 松田浩, 佐々木博, 古賀揚維, 西川貴文：スマートフォンを用いた道路舗装の平坦性及びひび割れ率の評価に関する研究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.75, No.2, pp.I\_88-I\_95, 2019.
  - 19) 亀山修一, 長屋弘司, 郭慶煥, 洞口克彦, 川端伸一郎：車両から撮影した動画をを用いた舗装の目視点検, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.75, No.2, pp.I\_25-I\_31, 2019.
  - 20) 国土交通省：「路面性状を簡易に把握可能な技術」の試験結果を公表します～新技術の活用に向けて～, 試験結果等比較表 (別紙-2), 2018.
  - 21) 浅田拓海, 居駒薫樹, 有村幹治, 亀山修一：生活道路の舗装点検全数調査データの構築と舗装メンテナンス・マネジメントへの応用, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5, pp.I\_41-I\_49, 2021.
  - 22) 浅田拓海, 可知宏太, 有村幹治：生活道路の舗装修繕トリアージに向けた舗装劣化箇所の面的抽出手法の構築, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5, pp. I\_85-I\_92, 2021.
  - 23) 浅田拓海, 居駒薫樹, 長屋弘司, 亀山修一：U-netによるひび割れスケッチを導入した簡易カメラ搭載型舗装点検の精度検証, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.76, No.2, pp.I\_123-I\_131, 2020.
  - 24) Zha, Y., & Veloso, M.: Profiling and prediction of non-emergency calls in New York City. *AAAI Workshop - Technical Report*, WS-14-11, pp.41-47, 2014.
  - 25) Godoy, P., Mourgues, C., & Chamorro, A.: Incorporating socio-political criteria into the maintenance prioritization of Chilean urban pavement networks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 80, pp.151-162, 2015.
  - 26) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧-第1分冊-, 2007.