

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：10103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18097

研究課題名(和文) 舗装ひび割れ点検のための低コスト・簡易型マシンビジョンシステムの開発

研究課題名(英文) Development of Low Cost and Simplified Machine Vision System for Inspection of Pavement Crack

研究代表者

浅田 拓海 (ASADA, Takumi)

室蘭工業大学・工学研究科・助教

研究者番号：50634680

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：市町村においては、道路維持管理に関する予算、人、技術力の不足に直面している状況である。本研究では、低コスト・簡易型マシンビジョンシステム導入に向けた、舗装ひび割れ点検手法の開発を行った。得られた成果は以下の通りである。目視点検の精度検証の結果、ひび割れの評価正答率は80%と高く、また、複数回の点検による精度向上の可能性が示唆された。Googleストリートビューを活用することで、調査が困難な遠方地に対して、簡易、事前的にひび割れ状況のマッピングが可能となることを示した。都市計画基礎調査データに生存時間分析を適用し、舗装マネジメントに必要な住宅の将来立地予測が可能となることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed the low cost and simplified machine vision system for inspection of pavement crack. And Walking inspection and travelling vehicle inspection are proposed for the visual inspection. And travelling vehicle inspection is executed on the pavements which surface condition have been measured by road surface measuring device and accuracy of the visual inspection is discussed. Rate of correct answers, the rate of correct answers was about 60% for crack. We have analyzed the characteristics of road distribution in local area using panorama image from Google street view.

研究分野：道路工学

キーワード：舗装点検 道路維持管理 画像解析 低コスト

1. 研究開始当初の背景

平成24年12月に発生した笹子トンネル天井板落下事故をきっかけに、社会資本ストックの老朽化、維持管理・更新に対する関心が高まっている。このような状況を受け、平成25年2月、国土交通省は、総点検実施要領(案)を示し、地方自治体に対して道路ストックの迅速かつ網羅的な点検(総点検)を実施するよう通達した。また、翌年4月、社会資本整備審議会道路分科会が提出した「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」では、今後の維持管理において、点検 診断 措置 記録(次の点検)というメンテナンスサイクルの構築が必要不可欠であると明記しつつも、現状では、地方公共団体においては、予算、人、技術力の不足に直面しており、これらに対応することが難しいと指摘している。このように、地方公共団体(特に市町村)において、持続可能なメンテナンスサイクルを実現させるためには、点検・診断の低コスト化・省力化が必要不可欠である。

道路舗装の点検方法としては、路面性状測定車によるひび割れ、わだち掘れ、平坦性の3要素に関する計測が一般的となっているが、それには多大な費用と膨大な解析作業量を要する。これを踏まえて、最近では、コンピュータ関連の著しい技術進展を背景に、低コストで簡易な点検方法の研究・開発が積極的に行われている。わだち掘れに関しては、レーザースキャナを一般車両に取り付け、その測定結果からわだち掘れ量を算出した事例がある。平坦性に関しては、民生用の加速度計により走行時の動的応答から評価指標(国際ラフネス指数 IRI)を推定する方法など、極めて簡易かつ安価なデバイスの導入が見受けられる。これらに対し、ひび割れの点検に関する低コスト化・省力化についてはほとんど検討されていない。従来の方法では、路面性状測定車を用いて路面を撮影し、その画像からの評価部分の抽出やひび割れのスケッチなどの目視作業を行い、ひび割れの程度(ひび割れ率)を評価する。このように、ひび割れ点検については、高価な装置・車両を用い、解析では上記のような目視作業を伴うため、膨大な手間と時間を要するのが現状である。

我々は、過去の一連の研究において、民生用デジタルカメラを一般車両の車内助手席に設置し、走行しながら20m間隔で撮影(制御装置による自動撮影)した前方路面画像を用いて道路区画線の剥離を定量的に評価する手法を開発した。これらの研究の中では、撮影画像に種々の画像解析を適用して、評価対象とする区画線部分の検出、区画線の剥離部分の抽出、画像特徴量による損傷度の推定などの自動処理を行い、このような路面測定および画像解析システム(以下、これらを総称して「マシンビジョンシステム」という。)によって区画線を低コストかつ省力的に診断できることを示した。舗装のひび割れは、

区画線の剥離と同様に視覚的に認識できることから、上記のようなマシンビジョンシステムによって、測定から解析までを自動化、省力化できると思われる。

また、上記のようなシステムにより、路面性状調査の迅速化が可能となれば、道路ネットワークを網羅する形で路面性状を評価、可視化できる。これに、交通量や住宅分布などの情報を重ねることで、アセットマネジメントとしての戦略を立てることが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、上記の先行研究において導入した低コスト・簡易型のマシンビジョンシステムを導入し、新たな舗装ひび割れ点検手法を確立することを目的とする。具体的には、市販のカメラを調査車両に設置し、走行しながら撮影した路面映像(静止画像・動画)から、画像解析や目視によって、道路ネットワーク上のひび割れ状況を自動的・省力的・迅速に評価、可視化する方法を開発する。さらに、本手法を活用した舗装アセットマネジメントのために、市町村レベルの管理道路(特に、生活道路などの細街路)における交通量推計のベースとなる住宅分布の将来予測手法についても検討した。

3. 研究の方法

本研究では、以下のように(1)~(3)の3つの検討項目を設定した。

(1) 目視点検精度の基礎的検証

走行車両から撮影した動画によるひび割れ目視点検システムの構築に関して、まず、路上歩行および車両からの目視精度について検討した。

(2) 車載カメラ画像の解析手法

走行中の車両から撮影した道路空間画像の処理および解析手法について検討するため、画像から各種の特徴量を算出する方法について検討した。

(3) 将来住宅分布の予測手法

市町村レベルの舗装アセットマネジメント検討に必要な細街路の交通量情報のために、都市計画基礎調査データを用いた、将来の居住地分布の予測手法について検討した。

4. 研究成果

(1) 目視点検精度の基礎的検証

調査は、平成25年8月27日、28日、および11月23日、24日に、北海道の道道9路線から選んだ17区間(延長1km)で実施した。これら9路線では、道路ストックの総点検において路面性状測定車による測定が調査直前(平成25年4~7月)に実施され、100m毎に路面性状値(ひび割れ率、わだち掘れ量、国際ラフネス指数 IRI)が得られている。

また、本研究では、歩行点検と走行点検の2通りの点検方法を採用した。歩行点検は、点検者が歩道を徒歩で移動しながら路面損



写真-1 歩行点検



写真-2 走行点検

傷を評価する（写真-1）．走行点検では，30km/h で走行する車両の助手席から路面損傷を評価する（写真-2）．なお，点検者は，技術者（舗装技術者およびコンサルタント技術者）6名と一般者（学生）5名とした．

歩行点検および走行点検の精度を図-1 に示す．歩行点検については，点検者の属性による差は見られず，全体としての平均正答率は，ひび割れ 87%，わだち掘れ 81%，縦断凸凹 59%であった．歩行点検によって，ひび割れとわだち掘れについては高い精度が得られるが，縦断凸凹については評価が難しいと考えられる．また，時系列的に結果を分析したところ，目視点検の経験を積むことによって正答率が向上すること，すなわち学習効果があることが分かった．走行点検についても属性差は見られず，全体の平均正答率は，ひび割れ 69%，わだち掘れ 61%，縦断凸凹 71%であった（図-2）．ひび割れとわだち掘れについては，歩行点検よりも精度が低くなったが，走行点検では，スムーズに調査が行えることから，スクリーニングを目的とした一次点検としては実用に値する精度であると考えられる．また，上述のように学習を重ねることで精度の向上も期待できる．

(2) 車載カメラ画像の解析手法

走行車両から撮影される道路内部景観画像を舗装損傷評価に適用させるため，各種の検討を行った．Google ストリートビューは，道路内部景観を 360° パノラマで表現しており，道路ネットワーク上の任意の視点からの画像を取得することができる．そこで，スト

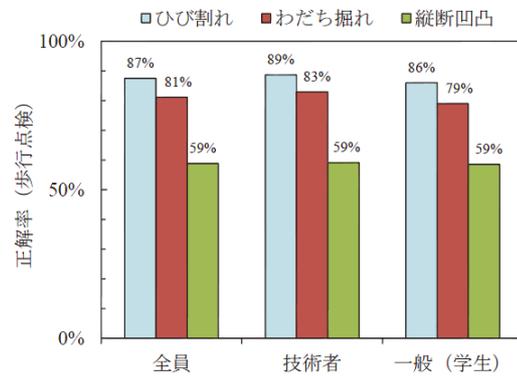


図-1 歩行点検の正解率

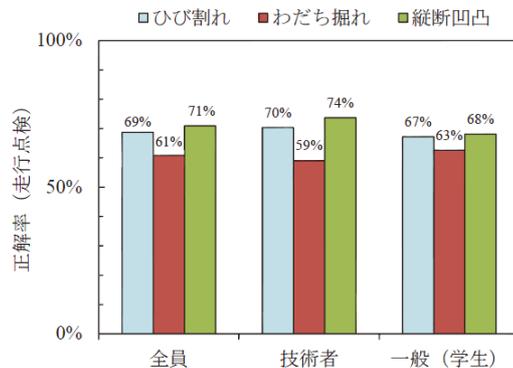


図-2 走行点検の正解率

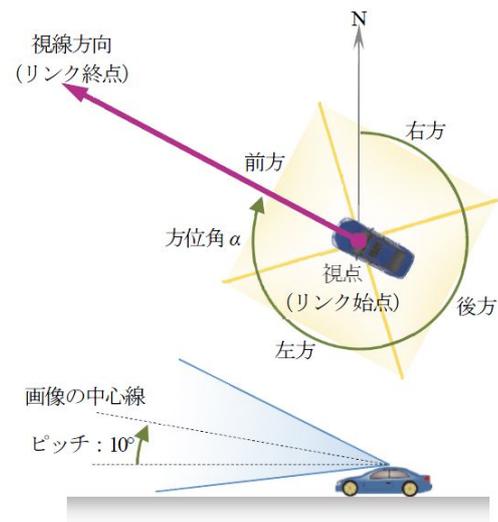


図-3 走行点検の正解率

リートビューAPI を活用し，道路内部景観画像を取得する仕組みを構築するとともに，その画像群から各種の特徴量を算出し，結果をデジタルマッピングする方法について検討した．

画像は，図-3 に示すように，視点の座標値と視線の方向を設定し，それらの値を API 専用の URL フォーマットに挿入し，アクセスすることで，任意の視点，方向の画像をダウンロードすることが可能である．ここでは，その適用事例として，100m 間隔で前方，後方，

左右の内部景観画像をダウンロードし、景観に関する特徴から、地域景観の分析を試みた。各視点の4つの方向の画像の特徴量（フラクタル次元、空・緑の占有率）にクラスター分析を適用し、視点からの眺めを図-4に示す5つのクラスターに類型化した。その分布をみることで、どのようなエリア、路線、区間にどのような景観が存在しているのか、または連続しているのかを容易に把握することが可能となる（図-4）。このように、全国の道路ネットワーク上からの眺めを取得できるストリートビューAPIを活用し、この画像からひび割れ等の評価を行うことができれば、本調査が難しい遠方部などに対して、事前の下調べを目的とした路面状況把握が可能になると考えられる。

(3) 将来住宅分布の予測手法

長期的な視点で舗装のマネジメントを考える上では、将来的にその路線がどの程度利用されるのかを念頭におく必要がある。この交通量推計には、将来的な人口分布や住宅立地を把握することがベースとなる。そこで、昨今、デジタルデータ化が進められている都市計画基礎調査を用いて、住宅の将来寿命に関する予測手法について検討した。

都市計画基礎調査データは、札幌市のものを使用した。このデータには、住宅一つ一つに、ユニークID、シェープ、座標、建築年に加え、構造、延床面積、容積率などの各種の情報が収録されており、2年毎に更新が行われている。本研究では、H17、H19、H21、H23、H25の5断面のデータを用いて、IDの出現、消失から、当該年における住宅の「出現、残存、除却」を判定し、H17からH25までの期間における住宅別の立地履歴データを作成した（図-5）。このデータに生存時間分析を適用して、住宅の建物情報を説明変数としたCoxのハザード比を求めた。表-1に示すように、構造、実建ぺい率、地上階数が有意な変数として認められた。構造に関しては、木造を1、非木造を2としており、ハザード比が1.7となったことから、非木造住宅は、木造住宅よりも除却の発生確率が1.7倍高くなること示された。実建ぺい率では、1単位（%）増加とともに、除却の発生確率が0.98倍となり低下する。地上階数は、1増加するにつれ、除却の発生確率が1.06倍の増加となる。このモデルに、上記3因子を入力することで、住宅個別に生存曲線を得ることができる。すなわち、現在に加え、n年後の生存確率を求めることができることから、例えば、30年後の札幌市全域の各住宅の生存確率を空間的に可視化することができ、これを基に、将来的な人口分布や交通量推計を得ることが可能となる。今後は、道路ネットワーク上を網羅するように迅速に路面点検を行ない、その結果に上記のような将来の人口や交通量の情報を重ね、道路舗装のアセットマネジメントに資する包括的な仕組みを構築する予定である。

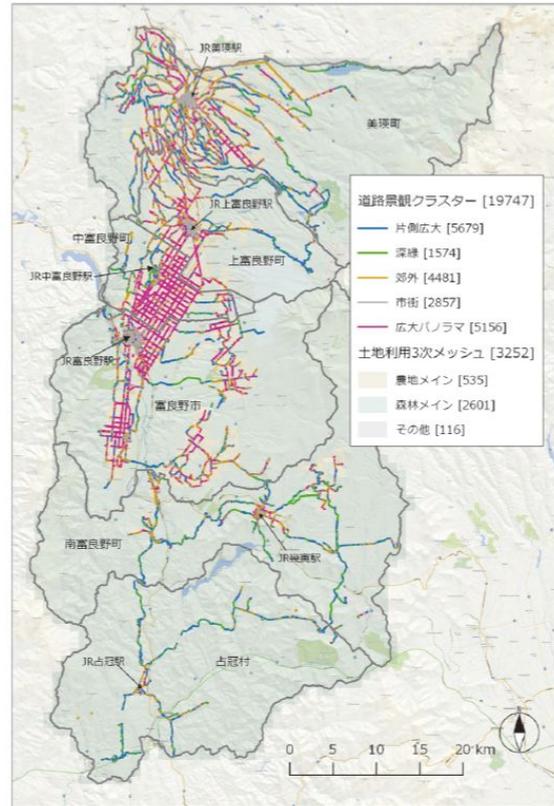


図-4 景観評価値の地域内分布

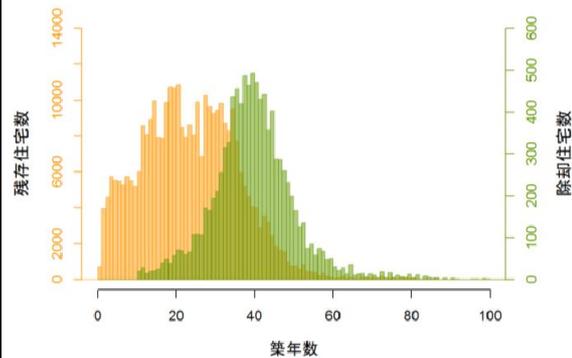


図-5 観察期間における
残存・除却住宅の築年数

表-1 各説明変数のハザード比

説明変数	coef	exp(coef)	lower.95	upper.95	p	比例性の検定p
構造 (木造1・非木造2)	0.530	1.699	1.595	1.809	0.000	0.014
延床面積 ²	-0.001	1.000	0.999	1.000	0.000	0.000
建築面積 ²	0.002	1.002	1.001	1.002	0.000	0.000
実容積率%	0.004	1.004	1.004	1.005	0.000	0.001
実建ぺい率%	-0.022	0.979	0.977	0.980	0.000	0.979
地上階数	0.059	1.060	1.029	1.093	0.000	0.663
駐車面積 ²	0.000	1.000	1.000	1.001	0.345	0.048
隣接道路幅員 m	0.036	1.037	1.029	1.044	0.000	0.000

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

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), 査読有, Vol.21, I_25-I_30, 2015. DOI: 10.2208/jscejpe.71.I_25

亀山修一, 浅田拓海, 石田眞二, シーニックバイウェイ北海道における道路内部景観の北海道らしさの定量評価手法の開発, ランドスケープ研究(オンライン論文集), 査読有, Vol.8, pp.73-80, 2015. DOI:10.5632/jilaonline.8.73

浅田拓海, 亀山修一, Google ストリートビューのパノラマ画像を用いた広域・網羅的な地域景観分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 査読有, Vol.72, I_383-I_392, 2016. DOI:10.2208/jscejipm.72.I_383

浅田拓海, 田中優太, Woramol Chaowarat, 有村幹治, 都市計画基礎調査データの建物属性情報を用いた住宅寿命の要因分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 査読有, Vol.72, I_269-I_275, 2016. DOI: 10.2208/jscejipm.72.I_269

〔学会発表〕(計 2 件)

浅田拓海, 亀山修一: Google ストリートビュー画像を用いた道路景観の地域内分布特性の分析, 第 52 回土木計画学研究発表会, 2015.11.22. 秋田大学.

森本拓磨, 浅田拓海, 有村幹治: 都市計画基礎調査データを用いた居住地分布の逐次的中期予測手法の開発, 第 54 回土木計画学研究発表会, 2016.11.4. 長崎大学.

〔その他〕

Web ページ (研究業績および研究紹介)

http://rdsoran.muroran-it.ac.jp/html/10000065_ja.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅田 拓海 (ASADA Takumi)
室蘭工業大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 5 0 6 3 4 6 8 0

(2) 研究協力者

亀山 修一 (KAMEYAMA Syuichi)
北海道科学大学・都市環境学科・教授