

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04580

研究課題名（和文）チョーク跡自動判読による社会基盤施設定期点検の生産性向上

研究課題名（英文）Study on automatic chalk marks recognition for productivity enhancement of infrastructure inspection

研究代表者

河村 圭（Kawamura, Kei）

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：70397991

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）：本研究の目的は、社会基盤施設の定期点検作業の効率化および点検データの活用環境を構築することである。具体的には、トンネル点検作業の撮影画像展開図から変状図を自動作成するための基盤技術となるチョーキング跡の自動検出手法の研究を行った。さらに、本研究では、道路管理者が保有する施設データを効率的にオープンデータ化する手法に関する研究およびプロトタイプシステムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、現在の定期点検の生産性向上において、最もボトルネックとなっている課題を扱っており、点検成果物の作成時間を大幅に短縮する基盤技術に関する研究を行った。さらに、定期点検結果など道路管理機関に蓄積されるデータのオープン化システムを提案またプロトタイプシステムを開発しており、今後のインフラメンテナンス工学の発展のために大きく貢献できる。

研究成果の概要（英文）：Current methods of practice for inspection of concrete tunnel typically involve visual assessments and drawing notes conducted manually by trained inspectors. The labor intensive and time-consuming natures of manual inspection have engendered research into development of method for automated defect identification using camera and image processing techniques. This study proposed an automatic chalk marks recognition by using deep learning. Then, in Japan, periodic inspection of infrastructure is compulsory once in 5 years. Consequently, after infrastructure inspection, many valuable data sets are accumulated. However, the data are managed based on Excel format. That makes it difficult and inefficient to extract information from data. Also, incorrect data input is occurred, because data are input manually by a person. Therefore, the study developed the prototype of the open date system for infrastructure maintenance and management.

研究分野：維持管理工学

キーワード：社会基盤施設 維持管理 点検 データ管理 深層学習 オープンデータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

我が国の社会基盤施設の点検は、センサやロボット技術の発展に後押しされ、点検現場にて質の高いデジタルデータが生成され、事務所において大量のデータを情報へ変換する時代へと移行している。しかし、デジタルビデオカメラ等により作成された撮影画像展開図から変状図へ変換する作業の自動化は進んでおらず、依然として、現場での近接目視の結果であるチョーキング跡をスケッチした野帳を事務所に持ち帰り、CADを利用した長時間の変状トレースまた記号・数値の読取り・打込み作業が実施されており、その生産性向上に課題を残している（図-1 上段から中段への流れ）。また、主要施設は5年に1度の定期点検が義務化されたことから、毎年、大量の点検結果が蓄積されてる。道路管理者の通常業務に利用することができる状態で蓄積され加工されているが、このデータを幅広く活用できる状態では蓄積また管理されていない。



図-1 変状図など点検成果物を中心にみた定期点検業務の現状と将来像

### 2. 研究の目的

本研究は、次の（１）と（２）を主目的として研究また開発を進めた。

#### （１）撮影画像展開図からチョーキング跡の自動検出

トンネル点検の将来の点検の流れは、図-1 の下段から中段の流れのように、点検現場では、現在の点検と同様に、近接目視・打音検査・チョーキングは必須であるが、野帳へのスケッチは行わず、デジタルビデオカメラや各種センサを搭載した車両により施設全体をスキャン（撮影・計測）し、デジタルデータ（撮影画像展開図など）を作成する。続いて、事務所内では、点検現場で取得されたデジタルデータから必要な情報（変状）を抽出する作業を自動で行い、点検成果物として、変状図や点検結果総括表などを作成する。本研究では、撮影画像展開図から変状図を自動作成するための基盤技術となるチョーキング跡の自動検出手法の研究を行った。

#### （２）社会基盤施設データのオープン化

社会基盤施設管理を高度化するには、施設点検の効率化だけでなく、新設や点検・維持管理をする際のデータを効率よく収集・整理し、これらに関連付け共有化する仕組み、すなわちデータの流通性を高める仕組みを構築する必要がある。本研究では、道路管理者が保有する施設データを効率的にオープンデータ化する手法に関する研究およびプロトタイプシステムを開発した。

### 3. 研究の方法

#### （１）撮影画像展開図からチョーキング跡の自動検出手法

トンネル壁面に記録されたチョーク跡を、トンネル壁面全体のパノラマ画像（撮影画像展開図）から自動検出し、これを判読することで、変状図を作成するためには、図-2 に示されるように、まず、画像中のチョークの位置を画像中から検出し、さらに、チョークの形状を抽出した後に、記号や形状として意味を認識する必要がある。本研究は、図-2 の「Step1」に該当する、画像中のチョーク跡の有無を判別する手法の研究を行った。

本研究は、次の４つの手順により行った。

### 手順1. トンネル壁面の画像の収集

トンネル定期点検時に撮影された、チョーキング跡を含むトンネル壁面の画像を 225 枚準備した。

### 手順2. データセットの作成

分割したトンネル壁面の画像を 2 種類のクラス(チョークあり、チョークなし)に定義した。さらに、データを拡張し、データセットを作成した後に、これらを学習、検証、テストデータセットに振り分けた。

### 手順3. 識別器の作成

畳み込みニューラルネットワーク (VGG16) を、学習データセットを用いて学習させ、識別器を作成した。なお、検証データセットは、学習状況を確認するために用いた。

### 手順4. 識別性能の評価

テストデータセットを用いて、学習済み識別器の識別性能を評価した。



図-2 チョーク跡自動認識の流れ

## (2) 社会施設データのオープン化システムの開発

道路管理者が、橋梁定期点検データを効率的に保存・管理することができ、データ活用のためのオープンデータを生成できる仕組みを構築する。なお、重要なシステム開発の要件として、職員の情報リテラシーレベルに即した利用や運用ができることを要件とした。このため、ユーザ対象となる道路管理者は、現在のデータ管理方法であるパソコンのフォルダへのファイル保存、また、データのエクセルでの管理方法は、変更することなく運用できる手法を検討し、プロトタイプを開発した。また、データ活用は、インターネット上で機械判読可能な形式でデータを流通させること、様々なシステム開発者が容易に利用できることを要件とした。

図-3には、定期点検データの取得から活用までのイメージ図を示す。図中左のデータ取得では、実際の現地点検にて橋梁の状態が点検結果データとして取得され、道路管理者へ提出される流れを示している。次に、データ蓄積・管理では、道路管理者が所有するパソコンにてマスターデータや点検データをエクセルファイルとして蓄積し、データをファイルとして管理している状況を示している。ここで、データ把握システム、データクリーニングシステム、報告入力補助システム、オープンデータシステムは、本研究にて、マスターデータや点検データを適切に管理・利用するために開発されたシステムである。続いて、データ流通では、道路管理機関のデータをインターネット上で流通させるイメージを示している。最後に、活用では、活用事例として、オープンデータとして公開されたデータを、情報として可視化し Web サイトとしてインターネット上に公開したイメージである。

社会基盤に関するデータを集め情報として可視化しているサイトとしては、国土交通省プラットフォームがある。現在、プラットフォーム内のデータは、手動形式でダウンロード可能となっている。また、プラットフォームに集められるデータは、その多くが、各管理機関にて手動で加工され入力されたデータであるが、今後、自動加工・自動収集化が期待される。

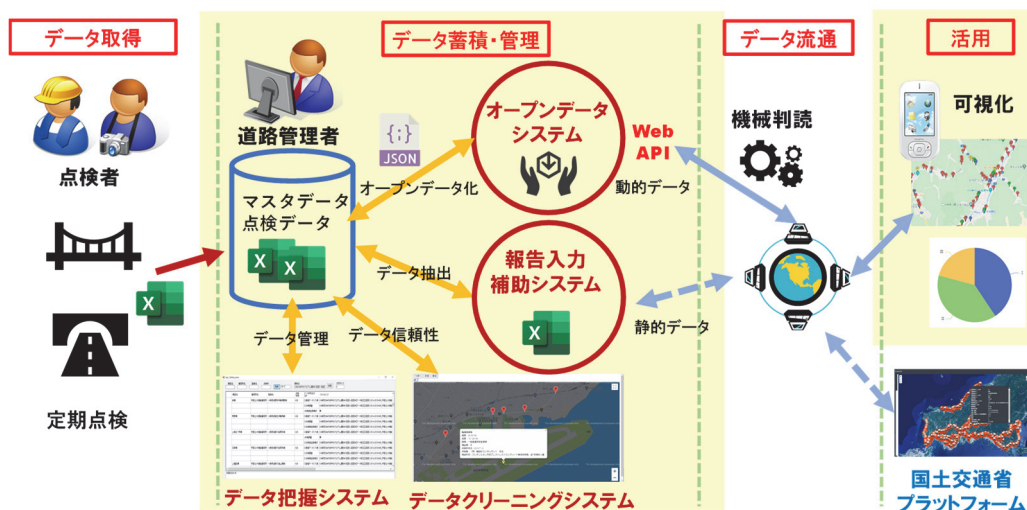


図-3 定期点検データ取得から活用までの流れ

本研究におけるデータ活用は、道路管理者は、利用するパソコン内に保存されているマスターデータと点検データから、流通させるデータを抽出し、オープンデータ化することを開発要件としている。また、別途、オープンデータ化されたデータの活用例として、データ可視化システムを開発した。

現在、オープンデータの一般的な提供方法は、利用者がオープンデータ公開サーバへアクセスし、手動でファイルをダウンロードする形式が主流となっている。この形式でのデータを、図-3では、静的データと記述している。一方で、機械判読可能な形式で自動的にデータが取得でき、さらにデータ項目や値の意味理解ができる形式で公開されているオープンデータを、動的データと記述している。機械判読可能なデータとして公開する方が、データ活用性は高まり、人間が介在することなくデータ更新ができることからリアルタイム性も高まる（データ公開とともに自動的に利用できる）。

#### 4. 研究成果

##### (1) 撮影画像展開図からチョーキング跡の自動検出手法の検証

テストデータセットに対し、VGG16 の学習済み識別器でチョーク跡を検出した。正解率は、96.7%となった。

図-4には、VGG16によるチョーキング検出結果の例を示す。画像上に「0」が付いている画像は正解「チョークなし」の部分であり、「1」が付いている画像は正解「チョークあり」の部分である。緑色の線で囲んでいる部分は、VGG16で誤検出された箇所である。さらに、VGG16で誤検出されたデータのうち、「チョークなし」が正解であるが「チョークあり」と誤検出された

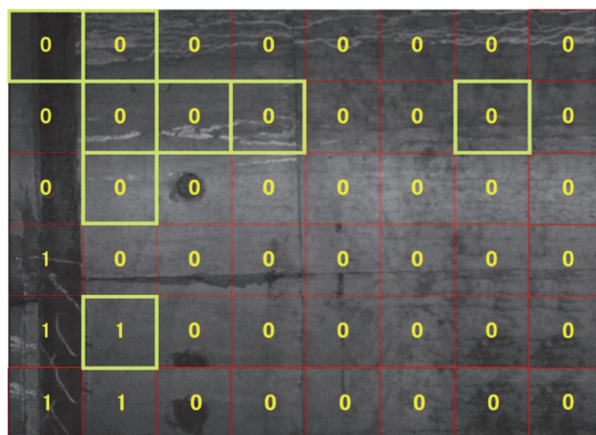
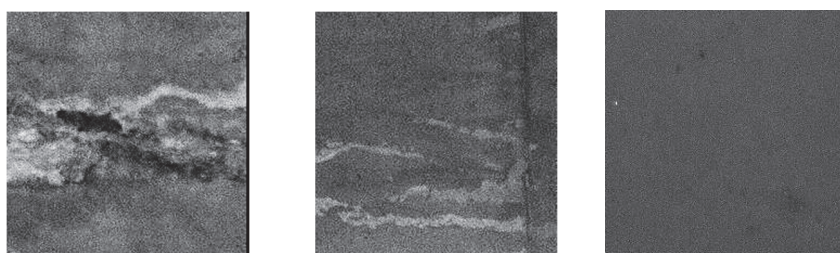


図-4 VGG16 の誤認識



画像 A

画像 B

画像 C

図-5 「チョークあり」と誤検出した例



画像 D

画像 E

画像 F

図-6 「チョークなし」と誤検出した例

画像の例を3枚、「チョークあり」が正解であるが「チョークなし」と誤検出された画像の例3枚を、それぞれ図-5と図-6に示す。図-5の画像を見ると、チョークと類似した変状が存在しており、人間の目にもチョークであるのか判別が難しい画像が存在した。具体的には、画像Aはトンネル壁面上の遊離石灰であり、画像Bは漏水跡（帯状の遊離石灰）である。画像Cは不明な白点が存在している。これらが「チョークあり」と誤検出した主要原因になったと考えられる。続いて、図-6は、「チョークあり」と誤検出した例である。画像Dは、チョークに近い範囲に遊離石灰が発生している。画像Eは、色が薄くなったチョーク跡である。画像Fは、左下に部分的なチョークが撮影されているが、チョークの領域が小さい。これらが「チョークなし」と誤検出した主要原因と考えられる。これらの結果が示すように、人間の目においても検出が困難であるチョーク跡や、チョークと類似した遊離石灰に対して誤検出が発生した。以上の結果から、正解率向上には、学習用データセットの中に、誤検出となった画像と類似した画像の追加が必要である。本研究結果は、深層学習の利用によるチョーキング跡自動検出の可能性を示した。今後は、チョーキング跡の抽出、さらにチョーキングされた文字記号の認識に関する研究を進め、チョーキング跡の自動認識の実現を目指す。

(2) 社会施設データのオープン化システムのプロトタイプ開発

本研究では、社会基盤施設データのオープンデータシステムと可視化システムのプロトタイプを開発した。施設の諸元データや点検結果データは、図-7の左端に示すエクセルファイルで保存されている。これらのファイルからデータ抽出ソフトを利用し、オープン化するデータをエクセルから抽出し、JSON形式に変換することで機械判読可能なデータとしてNoSQL型データベースのmongoDBへ保存する。さらに、抽出データは、WebAPIとしてインターネット上へ公開される。図-8は、WebAPIとして公開されているオープンデータを取得しグラフ等で可視化した例である。このように本研究では、プロトタイプを開発した。今後、さらにデータ可視性・流通性を高めるには、対象施設や部位、点検などの時系列イベントへのID付与方法やデータ構造の提案また公開が必要となる。

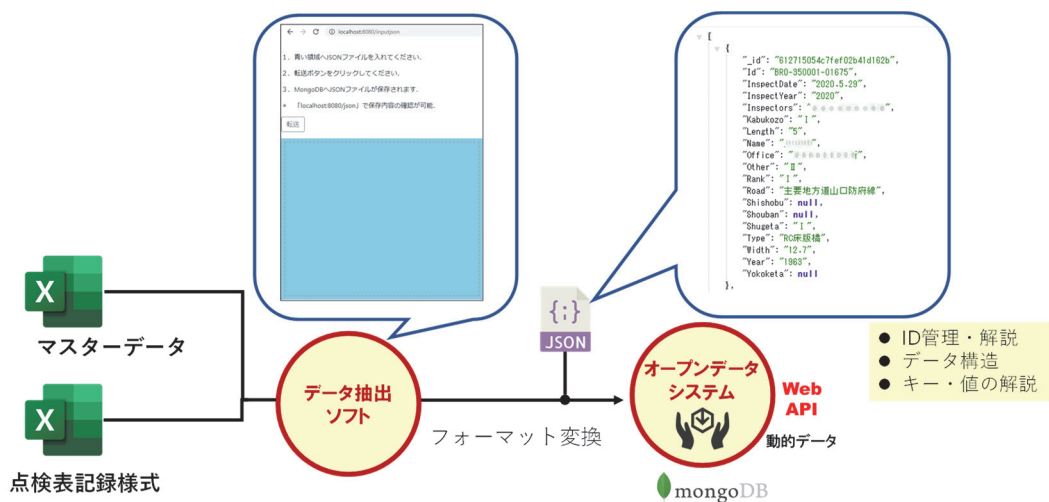


図-7 Web API としてデータ公開するまでの処理イメージ

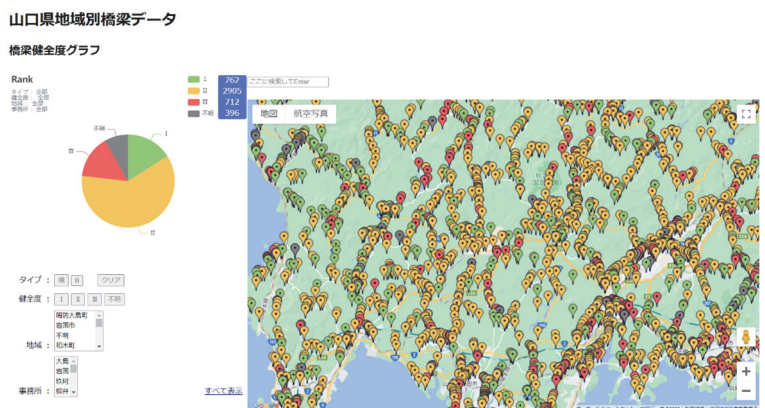


図-8 オープンデータ活用例 (データ可視化)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 藤本一輝, 河村 圭, 澤村修司	4. 巻 1
2. 論文標題 橋梁定期点検データのオープンデータ化を見据えたデータ管理手法に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 78-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.1.J1_78	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 C. N. Kim, K. Kawamura, M. Shiozaki, and A. Tarigha	4. 巻 9
2. 論文標題 An Image Mosaicking Method for Tunnel Lining Inspection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Structural and Civil Engineering Research	6. 最初と最後の頁 101-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 C. N. Kim, K. Kawamura, and H. Nakamura
2. 発表標題 Automatic Crack Detection for Tunnel Lining Concrete Using Image Processing and Genetic Algorithm
3. 学会等名 Proceedings of International Conference on Application of Artificial Intelligence in Transportation (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 張 堯, 河村 圭, 菊地太郎, 押切幸治
2. 発表標題 ディープラーニングによるトンネル覆工点検のチョーク跡自動検出に関する研究
3. 学会等名 第71回土木学会中国支部研究発表会発表概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本一輝, 河村 圭
2. 発表標題 Web API による社会インフラオープンデータの流通性向上に関する提案
3. 学会等名 第71回土木学会中国支部研究発表会発表概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場那仰, 谷川さくら, 江本久雄, 中村秀明, 河村 圭
2. 発表標題 MR-ヘッドマウントディスプレイを用いた橋梁点検体験システムに関する研究
3. 学会等名 第44回土木情報学シンポジウム講演集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江本久雄, 小野智生, 中村秀明, 河村 圭
2. 発表標題 橋梁カードによるAR を用いた点検情報へのアクセスの効率化
3. 学会等名 第44回土木情報学シンポジウム講演集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C. N. Kim, K. Kawamura, M. Shiozaki, and A. Tarighat
2. 発表標題 An image mosaicking method based on the curvature of cost curve for tunnel lining inspection
3. 学会等名 Proceedings of the CIGOS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Yao, K. Kawamura, C. N. Kim, K. Oshikiri and T. Kikuchi
2. 発表標題 Study on automatic chalk marks recognition for concrete tunnel inspection using deep learning
3. 学会等名 Proceedings of the ICCBEI2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Emoto, H. Komuro, T. Midorikawa, H. Nakamura and K. Kawamura
2. 発表標題 Efficient access to inspection data based on augmented reality using a “BRIDGE - CARD”
3. 学会等名 Proceedings of the ICCBEI2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junha Hwang, 河村 圭, 澤村 修司
2. 発表標題 社会基盤施設維持管理のためのデータ流通に関する基礎研究
3. 学会等名 第23回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黄 俊夏, 河村 圭, 澤村 修司
2. 発表標題 Web APIを用いた社会基盤施設データのオープンデータ化に関する基礎研究
3. 学会等名 第84回情報処理学会全国大会講演論文集
4. 発表年 2022年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ベトナム	Mien Truong University			
イラン	Shahid Rajaee University			