

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03298

研究課題名(和文) 光学的計測法を用いた仮設足場を用いない効率的・低コストな橋梁健全度診断手法の開発

研究課題名(英文) Development of an efficient and low cost diagnostic method for soundness of bridges by optical measurement method without temporary scaffolding

研究代表者

松田 浩(MATSUDA, Hiroshi)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：20157324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では目視点検ですら容易でない橋梁を対象として、SfM、レーザスキャナ、ドローン、画像解析技術などのICRT技術を活用し、仮設足場を必要としない、従来手法よりも効率的、効果的で、低コスト、高信頼度の点検手法を開発し、将来的には近接目視の代替となり得るような橋梁点検手法の開発を目標とし、以下のような研究成果が得られた。

(1)高フレームレート望遠デジタルカメラを用いた橋梁たわみ分布計測システム、(2)デジタル画像相関法(DICM)による鋼部材き裂検知法、(3)三次元外観劣化情報システム、(4)実測による剛性評価と3D解析によるリスク評価に基づく橋梁モニタリング手法。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果による光学的点検法が確立すると、低コスト化による点検頻度増加、高信頼性・高精度による目視点検ばらつき解消、測量機器と同等の汎用的・普遍的技量で計測可能となるため、例えば長崎大学道守養成講座のように、地域と連携して養成した人材活用によるインフラ点検が可能となる。

光学的手法による膨大なデジタル画像情報は、デジタルDBに容易に取り込むことができ、いわゆるビッグデータとしての利活用が可能となる。すなわち、データマイニングによる橋梁変状検知、劣化診断システムにより劣化原因や損傷度および構造性能評価を行うことが可能となる。これは国土交通省が推進するi-Constructionそのものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, we will focus on bridges that are not easy to visually inspect. For that purpose, ICRT technology such as SfM, laser scanner, drone, and image analysis technology will be utilized. As a result, we developed an inspection method that does not require temporary scaffolding. This is a more efficient, more effective, lower cost, and more reliable inspection method than the conventional method. The goal was to develop a bridge inspection method that could be an alternative to close-up visual inspection in the future, and the following research results were obtained.

(1) Bridge deflection distribution measurement system using a high frame rate telephoto digital camera, (2) Steel crack detection method by digital image correlation method (DICM), (3) 3D appearance deterioration information system, (4) Bridge monitoring method based on risk assessment by rigidity evaluation by actual measurement and 3D analysis.

研究分野：土木工学

キーワード：SfM3D写真計測 3Dレーザスキャナ 画像解析 たわみ分布計測 ひずみ計測 デジタル画像相関法 構造同定 ひび割れ図化システム

## 様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

高度経済成長期に建設された膨大な量のインフラの老朽化が急速に進行し、危険レベルに達している。インフラ老朽化災害を加速させる理由として、効果的・効率的検査法がない、維持管理技術者不足、各自治体の予算不足等が挙げられる。また、市町村管理の中小橋梁においては、点検車による点検を実施した結果、全く健全であった等の課題も生じている。少子高齢、人口減少に伴う自治体の財政難や技術者不足は、今後益々危機的な状況になることは明白である。これに対処するには、これまでの維持管理手法の抜本的なイノベーションが急務である。

研究代表者らは、2000年頃から、3Dレーザ形状計測、ホログラフィ干渉計測、スペックル干渉計測、デジタル画像相関法などの光学的計測法に関する研究を開始し、以下のような建設工学分野における様々な実験計測を実施し、光学的計測法が極めて有効であることが確認できた。

- ① 鋼部材の溶接時の温度・変形・ひずみ計測
- ② 異方性FRP複合材の振動・応力計測、および接着不良等の欠陥検知
- ③ 張力膜のリンクル発生および薄肉円筒シェルダイヤモンド座屈
- ④ き裂を有する圧縮石こう試験におけるひび割れ発生・進展の可視化
- ⑤ フレッシュコンクリートの硬化過程における収縮ひずみ、温度ひび割れ
- ⑥ 模擬試験体を用いた塩害・ASRによるコンクリートの劣化メカニズム

光計測を進める際には、豊岡で埼玉大学名誉教授の指導・助言を受け、実験力学会に入会しジョイントセミナーを開催した(2005年)。2011年度からは実験力学会に「建設工学における計測技術」研究分科会、2016年度から「インフラ維持管理技術分科会」を設置し活動している。光計測が建設分野で普及するためには、実験室や工場ではない建設現場での過酷な計測環境下において適用可能か否かにかかっている。研究代表者らは、国土交通省建設技術開発研究助成(2008-09)「光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発」により、コンクリート構造物の健全度診断のための光学的手法によるロボスタ性の高い計測・解析システムを開発するとともに、実証実験に取り組んだ。デジタル画像相関法に基づく変形・ひずみ・応力の実用的全視野計測装置を試作開発するとともに、全視野計測装置と応力解放法を併用してPC桁の現有応力測定への適用性を検討した。この成果は平成28年度国土開発技術賞を受賞した。さらに、3D計測とFE解析と実振動計測による新しい構造物のモニタリング法を開発し、実証実験を実施し、維持管理への応用性について検討し有効性を明らかにした。

これらの研究成果は終了時評価結果において、「個々の研究の完成度が高く、“概ね目標を達成できた”ものと評価できる。光技術を用いたRC構造物の診断法の開発に実用化レベルで成功しているため、さらなる拡張と光学的計測法の体系化が望まれる。」との評価を得た。また、International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2010, 2012)においてSpecial Session “Optical Monitoring Techniques for Bridge Maintenance and Safety”を企画実施した。

また、端島(軍艦島)炭坑跡が世界遺産として注目される前の2009年から、文化財としての保存管理や整備活用に資する資料として活用するため、3Dレーザ計測・UAV撮影、水中3D計測などにより3Dモデルの作成等を実施した。このような最新のICRT技術を用いて、さらに、「光学的計測法を用いた効率的・低コストな新しい橋梁点検手法の開発(2014-15)」(建設技術開発研究助成)において、仮設足場を必要としない近接目視の代替となり得る橋梁点検手法としての3次元外観劣化情報取得システムを開発し、さらに、光学的計測法を用いた橋梁のたわみ計測法および鋼部材の疲労き裂検知法の開発を行っている。

### 2. 研究の目的

本研究では、目視点検ですら容易でない海洋渡海橋や仮設足場の設置が困難な跨線橋や跨道橋等々を対象とし、これまで開発・実用化されてきた3D写真計測、レーザスキャナ、無人飛行体(UAV)、ギガピクセル画像、画像解析技術などのICRT技術を活用・発展させ、仮設足場を必要としない、従来手法よりも効率的、効果的で、低コスト、高信頼度の橋梁点検手法を構築し、実証試験を実施し有効性と有用性を検証し、将来的には近接目視点検の代替となり得るような橋梁点検手法の開発を目標とする。

2014年に国土交通省は長さ2m以上の橋について、5年に1回の近接目視を基本とする点検を省令で規定した。しかし、少子高齢化、人口減少に伴う過疎化の進行、地方自治体の財政難など、今後ますます社会インフラを維持管理する上で危機的な状況になることが予想される。さらに、仮設足場を設置しないと目視点検ですら容易ではない海洋渡海橋の場合や、仮設足場の設置が困難な跨線橋や跨道橋などの場合には、目視外観検査も困難となる場合も多い。仮設足場を設置できたとしても、仮設足場の工期やコスト、高所作業やロープアクセスによる安全性などに課題がある。ちなみに、西海橋(1955架設、スパン長216m、日本で初めて200mを超えた長大橋)の橋脚点検では、従来技術では、仮設足場の設置・撤去に40日、1100万円で、点検には100万円が計上されていた。これに対して本提案技術で実施するならば、仮設足場の設置・撤去は不要で、調査点検に100万円程度だけが必要となる。すなわち、1回の点検コストが従来技術の1/10程度で実施可能となる。

また、橋梁の劣化や変状に伴う交通規制等の判断・決定が求められる場合には、橋梁の耐荷性能を総合的に判断する必要があり、その手法としてひずみやたわみ測定が重要となる。既往手法としては、ダンプロック等により静的・動的載荷し、歪ゲージや光ファイバや変位計などによ

り測定されているが、いずれも計測コストが高く専門技術を必要とし、センサ設置のために、仮設足場、通行止・車線規制を行う必要があり、費用、手間、時間が必要となる。

一方、最新光学技術は従来技術より安全で取得データの信頼性も高い。また、デジタル画像や3Dレーザなどの遠隔からの計測法は現状の目視点検を超える変状調査とモニタリングが期待できる。提案する光学的手法が確立すると、低コスト化による点検頻度増加、高信頼性・高精度化による目視点検のばらつき解消、測量機器と同等の汎用的・普遍的技量で計測可能なため、長崎大学で2008年から養成してきた“道守”を活用して、地産地消によるインフラ点検が可能となる。

さらに、光学的手法により取得する膨大な量のデジタル画像情報は、デジタルデータベースに容易に取り込むことができ、いわゆるビッグデータとしての利活用が可能となる。すなわち、データマイニングによる橋梁変状の検知、また、劣化診断システムを利用した劣化原因や損傷度および構造性能の評価を行うことが可能となる。このような技術開発は、国土交通省が推進する建設生産システム全体の生産性向上を図る i-Construction そのものである。

### 3. 研究の方法

従来手法よりも効率的、効果的で、低コスト、高信頼度の橋梁点検の要素技術として、

- (1) デジタルカメラによる橋梁たわみ計測法
- (2) デジタル画像相関法 (DICM) による鋼部材き裂検知法を開発する。さらに、橋梁維持管理システムとして、
- (3) 3次元外観劣化情報システム (鋼橋の塗膜劣化やボルト抜落ち、コンクリート橋のひび割れ)
- (4) 実測による剛性評価と3D解析によるリスク評価に基づく橋梁モニタリング手法を構築し、現場フィールド試験を実施し有効性と有用性を検証し、将来的には近接目視点検の代替となり得るような橋梁点検手法を開発する。図1に本研究での個別要素技術と研究計画全体の概要を示す。

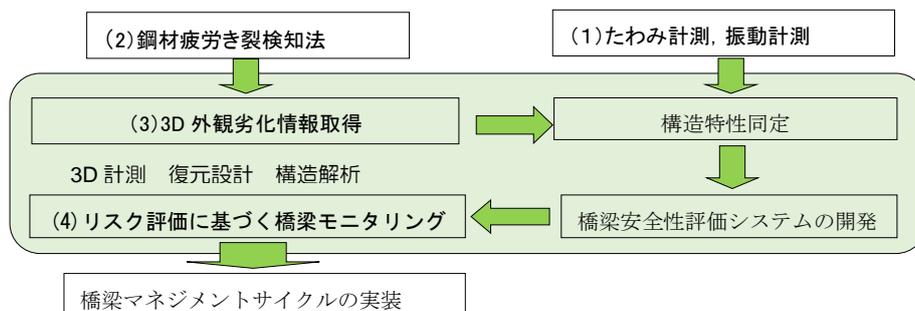
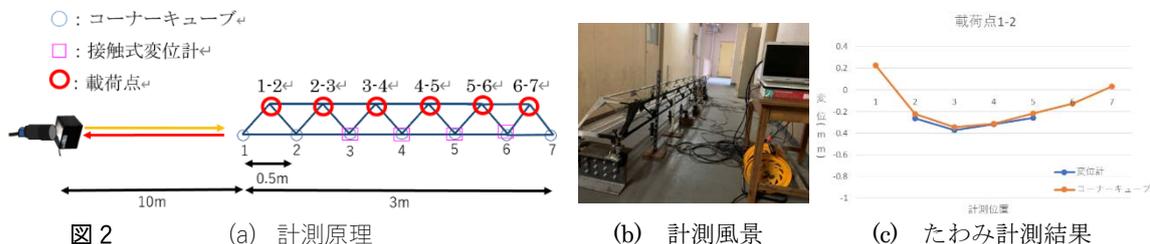


図1 本研究での個別要素技術と研究計画全体の概要図

### 4. 研究成果

- (1) 高フレームレート望遠デジタルカメラを用いた橋梁たわみ分布計測システムの開発 (図2)  
同軸照明を持つ望遠カメラによる撮影により、奥行き方向に配置された複数再帰性反射マーカの動的微小変位・振動を1台の市販望遠カメラのみで同時解析可能とした簡易カメラベースたわみ分布計測システムの開発を行った。再帰性反射マーカを設置した4mスパンのワーレントラス橋梁モデルの静的たわみ計測及び動的振動試験を行った。



- (2) デジタル画像相関法 (DICM) による鋼部材き裂検知法 (図3)  
【計測原理】開発したき裂検査法 (誘導加熱法) は、誘導加熱装置 (IH ヒーター) により塗装上からき裂を強制的に開閉させ、加熱前後の画像を用いてデジタル画像相関法 (DICM) によりき裂の開閉変位・ひずみを可視化してき裂を検出する技術である (図3(a)).  
【実験概要・結果】実構造物を想定した試験体を用いて誘導加熱法のき裂検査を行った。疲労試験後に塗装の上から誘導加熱法でき裂検査を行った。その後、塗装を剥がして磁粉探傷試験によるき裂の有無の確認、ルーペによるき裂長さ・き裂幅の計測を行った。き裂先端部分のき裂幅はすべての試験体で0.01mm程度であった。

磁粉探傷試験によって得られた磁粉模様を図3(b)に、塗膜上からDICMによって得られたy方向ひずみ分布図を図3(c)にそれぞれ示す。同図より磁粉探傷試験で得られた欠陥模様とほぼ同様にDICMでもき裂が確認できている。塗膜上からでもき裂検査が可能なが確認された。

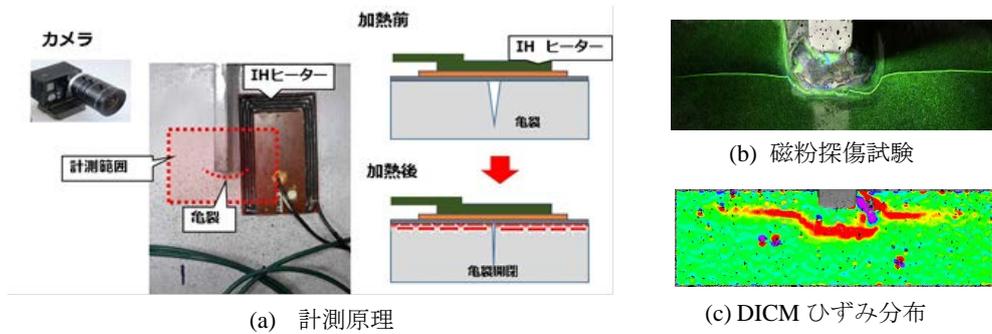


図3 デジタル画像相関法 (DICM) による鋼部材き裂検知法

### (3)三次元外観劣化情報システム

《三次元劣化情報の取得》

3D 計測による橋梁全体の外観劣化情報取得を目的として、PC 桁の 3D 計測を行った。長崎県大村市にある橋梁を対象として計測を行った。得られた 3D モデルを図 4(a)に示す。3D 計測によってひびわれ、鉄筋露出などの外観劣化が確認できた (図 4(b),(c))。

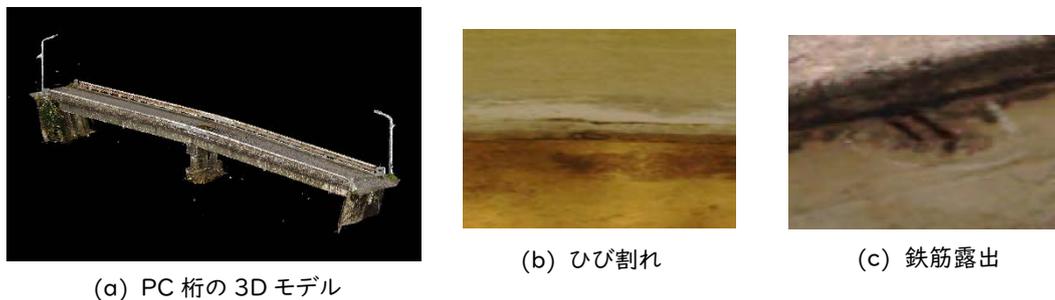


図4 三次元劣化情報の取得

《三次元劣化情報の利活用》

国交省の橋梁定期点検要領の 26 損傷を適切に評価し得る SIP 等の先端技術 (シーズ) の選定を目的に、橋梁定期点検要領に則って定期点検が行われた橋梁群について、既往の点検・診断結果を分析し、特定部材における損傷の発生頻度、損傷程度、対策区分判定、部材毎の健全性に着目して、それらの関係を整理することで先端技術と 26 損傷との関係を明確にした。

管理者及び橋梁点検・診断員から、自治体管理橋梁の点検における課題 (ニーズ) をヒアリングして、不可視箇所や目視点検作業が困難な箇所の存在など近接目視点検の技術的限界や、足場の設置や点検用車両の使用などによるコスト高の問題を把握した。また、これら現場の課題と先端技術のマッチングを検討の上、フィールド試験を実施して適用可能な先端技術を選定した。また、点検や診断時に適切な結果が得にくいなどの課題に対して、目視点検のスクリーニングやその支援を目的に、先端技術の特徴や技術レベル、適用性、及びコストを評価した。加えて、重要な損傷を確実に検出するために、既存技術と AI 画像認識等の先端技術を組み合わせるユニット化を検討した。点検や診断時に適切な結果が得にくいなどの課題に対して、人工知能 (AI) を用いた自動診断支援システムの構築に向けた診断アルゴリズムの構築や AI 手法について検討した。目標とする機能は、橋梁点検結果から橋梁健全性を自動判定するものである。①橋梁の健全性診断に適する機械学習手法の検討、②橋梁健全性診断アルゴリズム策定、③橋梁健全性診断 AI 育成、④橋梁健全性判定テストについて検討した。その結果、教師データの充実や対策区分の判断基準を適切に機械学習に反映することで、より信頼性の高い AI 診断の実現が可能であることがわかった。

《統合化インフラ維持管理プラットフォームの構築》

社会インフラの管理の中でもデータが複雑な橋梁データを使い、長崎県内のデータのデータベース化を行った。これは長崎県内の自治体や社会インフラの管理に係る人々の業務やノウハウといった知識をデータベースにフィードバックし最適化を行うためのベースラインとなるものである。

データの迅速・的確な抽出のためのデータベース構築、現場での活用のためのタブレットやスマートフォン対応の実装、データ集計・分析のためのプラットフォーム化を実施した。さらに、①市町村における社会実装、②多様な社会インフラのデータの管理の仕組みの実装、③データベースの格納データの多様性への対応、④データ活用 (分析含む) の実装検証を実施した。自治体の社会インフラ管理の現場で即戦力となるシステムの社会実装を目指して、SIP インフラの研究成果である「自治体向けインフラデータベース」システムを改良して、社会インフラの管理における種々のケースを対象に、社会インフラの施設の統合維持管理プラットフォームのプロトタイプを開発した。

(4)実測による剛性評価と3D解析によるリスク評価に基づく橋梁モニタリング手法の構築

対象橋梁は長崎県島原市水無川鉄道橋（島原鉄道廃線橋）である。設計図書は残っているが、無い場合を想定して3D計測を行い復元設計を実施した（図5）。また、LDVにより振動計測を行い、構造特性同定を行い、さらに、解析モデル（図6）に仮想的な損傷を施し、たわみ影響線変化率を算出し変状箇所の特定の可能性について検討した。

3D計測点群データから3D解析モデルを作成した。解析ソフトはEngineers Studio (Forum8)、弾性梁要素を使用し固有値解析を行い、LDVでの振動計測の実測値と比較し、構造振動特性を同定した。比較結果を表1に示す。比較結果より支承支持部はピン・可動の性能を有していることがわかる。

次に、この解析モデルに仮想の断面欠損を施し、たわみ影響線変化率を算出し、変状箇所を特定することの可能性について検討した。载荷重はJR在来線電車で最も重い201系に350%の旅客荷重を想定して決定された18tonfとして解析を行った。たわみ影響線変化率の算出結果を図8(a)に示す。斜材2に20%の断面欠損（図7）を施した際のたわみ影響線変化率であり、どの計測点においても断面欠損を施した部分の载荷点の変化率が最大となり、変状箇所の特定が可能である。どの計測点においても変化率が最大となることから、たわみ影響線変化率により変状箇所を特定するには一計測点で可能である。

また、同じ条件において、たわみ曲線の変化率を算出した。たわみ影響線は作成するために多くの载荷点が必要となるが、たわみ曲線において载荷点は少点でよいが多くの計測点が必要となる。たわみ曲線の変化率の算出結果を図8(b)に示す。たわみ影響線の変化率と同様にたわみ曲線の変化率が断面欠損を施した部分の計測点において最大となることから変状箇所の特定が可能である。また、どの载荷点においても点2での変化率が最大となることから、たわみ曲線変化率によっても変状箇所を特定するには一载荷点で可能であることがわかる。

以上より、各現場の条件により载荷点を多点にする場合か、また、計測点を多点にする場合か、選択することができ、現場での適用が容易になる。

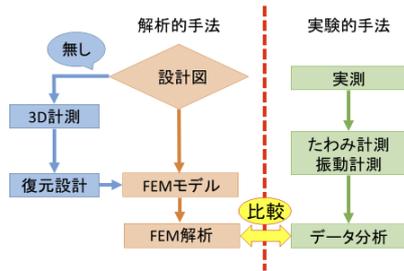


図5 構造特性同定法

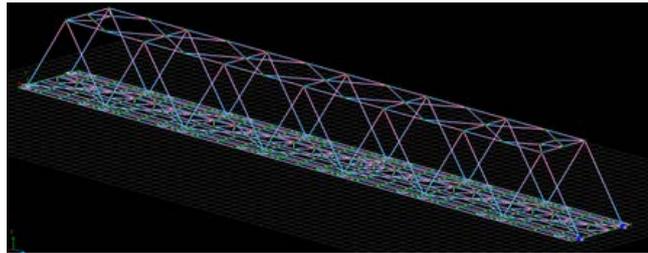


図6 構造解析モデル

表1 計測値および解析結果（固有振動数）

支持条件	計測条件	1次固有振動数				2次固有振動数				3次固有振動数			
		計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値
ピン/ローラー	ハンマリング	2.197	2.150		98%	3.900	3.874		99%	5.646	5.627		100%
	常時微動	2.2	2.150		98%	3.8	3.874		102%	5.8	5.627		97%
ピン/ピン	ハンマリング	2.197	2.316		105%	3.900	4.290		110%	5.646	5.627		100%
	常時微動	2.2	2.316		105%	3.8	4.290		113%	5.8	5.627		97%



図7 計測箇所及び計測点

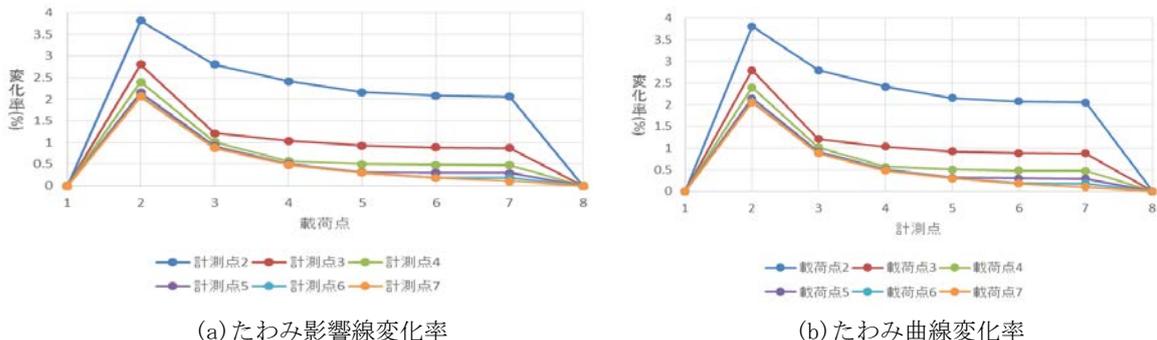


図8 (斜材2) 20%断面欠損時のたわみの変化率

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 佐々木謙二, 中山大誠, 原田哲夫, 松田浩, 早野博幸	4. 巻 18
2. 論文標題 薄板モルタル法による海上橋, 護岸, 海洋建築物の塩害環境評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 329 ~ 334
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 -
1. 著者名 永松牧子, 海部貴裕, 松田浩, 岡本賢治, 鶴田健	4. 巻 18
2. 論文標題 高耐久性埋設型枠を用いたRCはりの曲げせん断試験におけるせん断補強効果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 691 ~ 696
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 -
1. 著者名 林謙介, 木本啓介, 河村太紀, 奥松俊博, 山口浩平, 松田浩	4. 巻 第26巻
2. 論文標題 損傷を有する鋼トラス橋の固有振動数とたわみ影響線変化率の関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鋼構造論文報告集	6. 最初と最後の頁 390 ~ 395
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 -
1. 著者名 宇津伸太郎, グアン チャイ ユー, 藤本孝文, 石塚洋一, 奥松俊博, 藤島友之, 杉本知史, 岩崎昌平	4. 巻 13
2. 論文標題 腐食モニタリング用センサネットワークにおけるレクテナ活用法の一検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告, 無線電力伝送研究会, WPT2018-13	6. 最初と最後の頁 19 ~ 22
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 無
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 -

1. 著者名 中島和俊, 安波博道, 加納勇, 森田千尋	4. 巻 25(98)
2. 論文標題 長崎県における耐候性鋼橋梁の腐食性状に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鋼構造論文集	6. 最初と最後の頁 35 ~ 43
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 伊藤幸広, 松田浩, 出水享, 木本啓介	4. 巻 第34号
2. 論文標題 デジタル画像による構造物の維持管理技術の現状	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木構造・材料論文集	6. 最初と最後の頁 11 ~ 22
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 無
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 -

1. 著者名 田中徹政, 松田浩, 牧角龍憲, 高橋和雄	4. 巻 Vol.73, No.4
2. 論文標題 九州, 山口地域における自治体のインフラ維持管理業務に関するニーズ調査	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集F4	6. 最初と最後の頁 _112- _119
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 -

1. 著者名 松田浩, 中村聖三, 山口浩平, 高橋和雄	4. 巻 Vol. , 66
2. 論文標題 「道守」を活用したSIP開発技術の地域実装支援	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 コンクリート工学	6. 最初と最後の頁 88-93
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 無
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 -

1. 著者名 H.Matsuda, K.Takahashi and T.Tanaka	4. 巻 2
2. 論文標題 Introduction of SIP development technology utilizing MICHIMORI system and development of that system to Kyushu and Yamaguchi areas	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The 2nd ACF (Asian Concrete Federation) Symposium, Innovations for Sustainable Concrete Infrastructures	6. 最初と最後の頁 23-25
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 -

1. 著者名 鬼塚友章, 古賀掲維, 松田浩	4. 巻 25巻
2. 論文標題 形状初期不整を有する薄肉円筒シェルにおける終局挙動の評価法	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 鋼構造年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 426-433
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 -

1. 著者名 森田千尋, 野中拓海, 大木翔太	4. 巻 25巻
2. 論文標題 宮城県における耐候性鋼橋梁の現状について	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 鋼構造年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 559-565
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 -

1. 著者名 M.Yonemoto, K.Hida, Y.Ito, K.Mita, H.Matsuda, T.Okamoto	4. 巻 8
2. 論文標題 The existing stress measurement of the PC bridges by slit stress relief techniques using the optical full-field measurement method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 8th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure	6. 最初と最後の頁 SS3-4
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 -

1. 著者名 K.Kimoto, T.Okumatsu, H.Matsuda	4. 巻 8
2. 論文標題 Development of Bridge Inspection Method without Temporary Scaffolding by Using Optical Measurement Techniques	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 8th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure	6. 最初と最後の頁 SS3-7
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 -

1. 著者名 K.Yamaguchi, H.Matsuda, T. Kawamura, T. Saigyo, K.Kimoto, T.Nishikawa	4. 巻 8
2. 論文標題 Structural vibration identification of bridges by 3D measurement FE analysis and the actual vibration measurement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 8th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure	6. 最初と最後の頁 SS3-1
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 -

1. 著者名 木本啓介・松田浩	4. 巻 Vol.17, No.4
2. 論文標題 中小橋梁の点検におけるSfMの活用方法の比較・検証	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 実験力学	6. 最初と最後の頁 12-19
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 -

1. 著者名 奥松俊博, 伊達慶介, 中村聖三, 西川貴文	4. 巻 Vol.64A
2. 論文標題 温度変化および交通振動に伴う三径間連続鋼箱桁橋の振動特性変化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 構造工学論文集	6. 最初と最後の頁 315-324
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 -

〔学会発表〕 計77件（うち招待講演 30件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 「地方の道をいかに守っていくか」～ナガサキにおけるインフラ長寿命化の取り組み～
3. 学会等名 北陸三県コンクリート診断士会との協働による早期劣化コンクリート構造物の診断と対策のための人材育成事業（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 「地方の道をいかに守っていくか」～ナガサキにおけるインフラ長寿命化の取り組み～
3. 学会等名 コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2018，コンクリート構造物の健康寿命を考える、福岡フォーラム、（一社）コンクリートメンテナンス協会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 「地方の道をいかに守っていくか」～ナガサキにおけるインフラ長寿命化の取り組み～
3. 学会等名 「そこにあるインフラ危機！！」～あなたの街を荒廃させないために～，大阪シンポジウム，（一社）近畿建（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 SIP地域実装の3年間の取り組みと今後の展開
3. 学会等名 道守養成ユニット成果報告会～地方の道をいかに守っていくか～（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 「なぜいまインフラの維持管理が必要か！～インフラの安全・インフラの質～」
3. 学会等名 日本医療マネジメント学会「改めて考えよう。医療の安全・医療の質」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 「SIP地域実装の3年間の取組みと今後」
3. 学会等名 SIPインフラ最終成果報告会 in福岡（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田浩・山口浩平・西川貴文・木本啓介・河村太紀，西行健
2. 発表標題 3D計測とFE解析と実振動計測による橋梁特性同定
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第174回秋季講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 長崎大学インフラ長寿命化センターの活動紹介～道守，光計測，軍艦島3D計測，新しい橋梁点検法の開発，SIPインフラ技術の社会実装～
3. 学会等名 北海道鋼道路橋研究委員会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 長崎大学インフラ長寿命化センターの10年間の活動の紹介 ~ 道守, 光計測, 軍艦島3D計測, 新しい橋梁点検法の開発, SIPインフラ技術の社会実装 ~
3. 学会等名 SAGA建設技術フェア (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 光学的手法を用いたインフラ構造物の調査 ~ 軍艦島3D化と橋梁点検への適用 ~
3. 学会等名 3D USER CONFERENCE FARO-ASIA PASIFIC (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装研究 ~ 長崎大学インフラ長寿命化センターの活動紹介 ~
3. 学会等名 長崎産業基盤維持管理研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 SIPプロジェクト「インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装の研究開発」について
3. 学会等名 福岡県建設技術情報センター (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 SIP地域実装での橋梁のアセットマネジメントに関する取組み
3. 学会等名 平成29年度土木学会全国大会，鋼構造委員会研究討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 長崎大学インフラ長寿命化センターの活動紹介～道守，光計測，軍艦島3D計測，新しい橋梁点検法，SIPインフラ技術の社会実装～
3. 学会等名 日本非破壊検査協会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 長寿命化における課題と革新的先端技術の紹介（SIP）
3. 学会等名 ながさき建設技術フェア2017（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田浩
2. 発表標題 SIP九州・山口地域実装支援，「インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装の研究開発」実施内容の報告
3. 学会等名 SIPインフラ技術平成29年度 九州・山口地域実装支援に関する事業報告会（招待講演）
4. 発表年 2017年

## 〔図書〕 計1件

1. 著者名 松田浩・高橋和雄・吉田裕子・松永佳代子・飛永才本明秀・山下敬彦・森山雅雄・中原浩之・山口浩平・佐々木謙二・出水享・中村聖三・西川貴文・杉本知史・多田彰秀・奥松俊博・田邊秀二	4. 発行年 2019年
2. 出版社 長崎大学大学院工学研究科インフラ長寿命化センター	5. 総ページ数 120
3. 書名 インフラ長寿命化センター活動報告<平成30年度>	

## 〔出願〕 計0件

## 〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 亀裂検出システム及び亀裂検出方法	発明者 伊藤幸弘、志岐和久、松田浩、出水享	権利者 佐賀大学、長崎大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6474134号	取得年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 Cracking Detection System and Cracking Detection Method	発明者 伊藤幸広、松田浩、出水享	権利者 佐賀大学、長崎大学
産業財産権の種類、番号 特許、US9,976,968 B2	取得年 2018年	国内・外国の別 外国

## 〔その他〕

<p>松田研究室のホームページ（教育・研究上の業績）  <a href="http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/publications/frame-publications.htm">http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/publications/frame-publications.htm</a>          松田研究室の研究業績（研究内容）  <a href="http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/research/research-1.html">http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/research/research-1.html</a>          長崎大学大学院工学研究科・インフラ長寿命化センターのホームページ  <a href="http://ilem.jp/">http://ilem.jp/</a>          長崎大学大学院工学研究科・インフラ長寿命化センターのFacebook  <a href="https://www.facebook.com/ilem.nagasaki">https://www.facebook.com/ilem.nagasaki</a>          松田研究室のホームページ（橋の文化とテクノロジー）  <a href="http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/bridge-culture-tech/bridge.html">http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/bridge-culture-tech/bridge.html</a>          教育・研究上の業績  <a href="http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/publications/frame-publications.htm">http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/publications/frame-publications.htm</a>          研究 Reaserch  <a href="http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/research/research-1.html">http://www.st.nagasaki-u.ac.jp/ken/matsuda/research/research-1.html</a></p>
--

## 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
研究分担者	佐々木 謙二  (SASAKI Kenji)  (20575394)	長崎大学・工学研究科・准教授    (17301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	奥松 俊博 (OKUMATSU Toshihiro)  (30346928)	長崎大学・工学研究科・准教授  (17301)	
研究分担者	西川 貴文 (NISHIKAWA Takafumi)  (50512076)	長崎大学・工学研究科・准教授  (17301)	
研究分担者	森田 千尋 (MORITA Chihiro)  (60230124)	宮崎大学・工学部・教授  (17601)	
研究分担者	山口 浩平 (YAMAGUCHI Kohei)  (60336013)	長崎大学・工学研究科・准教授  (17301)	
研究分担者	伊藤 幸広 (ITO Yukihiro)  (90223198)	佐賀大学・理工学部・教授  (17201)	
研究分担者	中村 聖三 (NAKAMURA Shozo)  (40315221)	長崎大学・工学研究科・教授  (17301)	