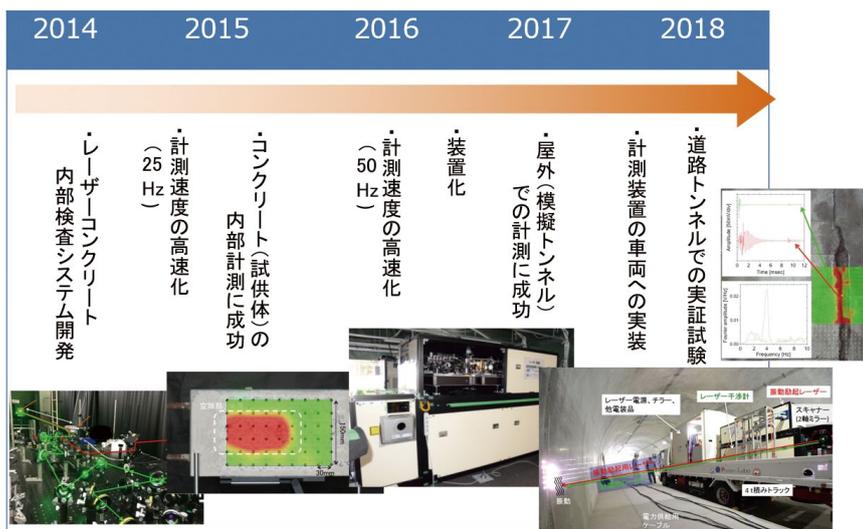


CONTENTS

レーザーによるコンクリート構造物の
高速検査技術の開発 一屋外運用を目指してー
光メモリ・画像・計測
国際シンポジウム2019報告(ISOM' 19)
レーザー総研オープンセミナー
レーザー技術の最先端
～レーザー加工からインフラ診断まで～
平成30年度研究成果報告会(ILT2019東京会場)



【表紙図】SIPプログラムにおける主な研究成果のまとめ

レーザーによるコンクリート構造物の 高速検査技術の開発 一屋外運用を目指してー

レーザー計測研究チーム 倉橋慎理、島田義則

■社会インフラの維持・管理技術の開発

社会インフラと呼ばれるトンネルや橋梁などのコンクリート構造物の多くは1950～60年代のいわゆる高度経済成長期に建造されており、高経年による老朽化が懸念されている。耐用年数を超過した社会インフラは、本来ならば全面的な建て替えや改修などにより計画的に更新されることが望ましいとされる。しかしながら現在の社会情勢では、コスト面などの問題から該当するすべての設備を更新することは現実的ではないため、点検や補修など適切な維持・管理を施すことでインフラの延命化を図るものが多い¹⁾。この現状を受け、当研究所では鉄道トンネルや高架橋などコンクリート構造物の欠陥をレーザーで遠隔探傷する技術の開発を進めてきた^{2,3)}。パルスレーザー照射によりコンクリートに振動を励起し、その表面振動をレーザー干渉計で

検出し、振動の周波数分析などを通して欠陥の有無を評価するものである(レーザー打音法)。レーザーのもつ遠隔・非接触という特性や定量評価のしやすさなどが、検査員の安全に寄与し、客観的に経時変化を確認することが可能な技術へとつながることが期待される。

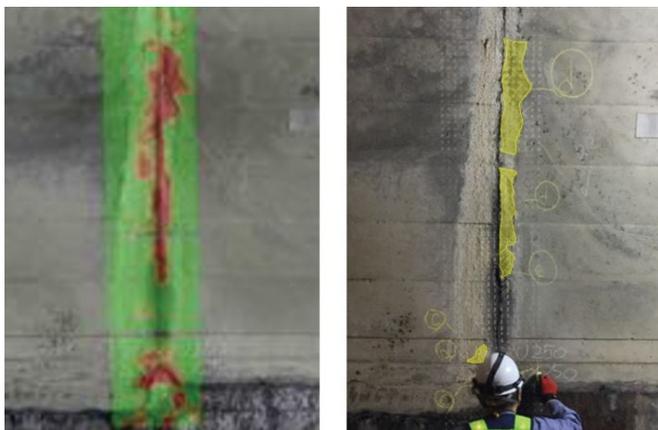
■戦略的イノベーション創造プログラムに参画

SIP(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program、戦略的イノベーション創造プログラム)は、現内閣主導の下、府省や研究分野の枠を超えた科学技術イノベーションを実現するためのプログラムである。当研究所は平成26年度から30年度にかけて、SIPが設置した課題の一つ「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」に参画し、理化学研究所(理研)、量子科学技術研究開発機構(量研機構)、日本原子力研

究開発機構(原研)と共同研究を行ってきた。SIPプログラムにおける当研究所の技術開発目標は、レーザーを用いたコンクリート内部欠陥検査手法の開発と計測の高速化、および野外試験による検査性能の実証である。表紙図に、主な成果を年度ごとにまとめたものを示す。平成27年度(2015年)は、量研機構の開発した高出力高繰り返しレーザーと、当研究所が開発した遠隔探傷技術を組み合わせ、従来の計測速度の約50倍に相当する秒間25点の速度でレーザーを走査しながら欠陥を計測することに成功した⁴⁾。平成28年度には、計測速度を2倍の秒間50点に向上させた。加えて装置を実験室外に持ち出して屋外試験を実施し、秒間50点の速度で供試体の欠陥を検出することに成功した。平成29年度は前年度に開発した装置を4tトラックに搭載し、模擬トンネルにおける屋外実証試験を実施した。装置群の小型化、省スペース化など車載用に再設計し、自走可能な車両上から模擬トンネルに生じた欠陥を検出することに成功した。平成30年度には、装置を専用車両に搭載し、複数の実トンネルにおいて実証試験を実施した。移送用の設備を整え、環境対策として防音機構の強化を施すなどし、現地到着後光学系の再調整なしに計測可能な装置の構築を行った。装置を用いて実際のトンネルに生じた欠陥を検出することに成功し、開発した技術がより実用的な運用が可能な水準まで達したことを実証した。

■道路トンネルでの実証試験

以下に、平成30年度に行った、大阪府能勢町にある天王第一トンネルでの実証試験の結果について報告する。図1(左)に検査結果の一例を示す。背景の写真は壁表面の写真撮影画像で、コンクリートの目地に沿っ



【図1】レーザー打音法(左)と打音法(右)による検査結果の比較

て縦方向に剥離が生じていることが確認でき、境界面が浮いているかどうかを検査した。中央部のカラー画像は、レーザー計測装置により走査・検査した領域を表し、背景画像と重ね合わせて出力したものである。緑色が健全部、赤色が欠陥部であることを表示している。二軸ミラーに取り付けられたカメラで検査範囲の光学画像を取得し、実際に走査した範囲と各照射点における診断結果を一つの画像として出力できるようにした。健全部と欠陥部の判定には、周波数スペクトルの最大強度とスペクトル面積の違いを利用した。それぞれのパラメーターでしきい値を適切に設定し、値に応じて赤から緑の間の色を割り振っている。欠陥を含む領域では、その大きさと厚みなどから決定される固有振動数での板振動が励起されやすいため、スペクトルの最大強度が大きくなる。また打音検査の結果から、落下の危険性が高い欠陥部は低音部のスペクトルが強調される、という定性的な結果を用いている。つまり、スペクトルに卓越したピークがあり、なおかつ低周波側に存在するような信号波形が得られる領域ほど赤く示される。健全部では板振動が励起されずピーク値は小さくなるため、このような領域は緑色で示される。打音検査による結果(図1(右))と比較すると、欠陥と判定された部分(黄色で囲んだ領域)とレーザー打音法による検査結果は良い一致を示しており、実際の道路トンネルに生じた欠陥に対しても、本研究で開発した検査装置は打音検査と同等の検査が可能であることを実証できた。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)インフラ維持管理・更新・マネジメント技術「レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発」の下で実施した。試験の実施に尽力いただいた量研機構関西研の錦野将元氏、長谷川登氏、近藤修司氏、岡田大氏、北村俊幸氏、三上勝大氏、河内哲哉氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通白書2018
- 2) 島田義則 他: 非破壊検査, 61, 519-524, 2012.
- 3) 倉橋慎理 他: レーザー研究 42, 849, 2014.
- 4) S.Kurahashi et al, J. Appl. Remote Sens., 12(1), 015009 (2018).

光メモリ・画像・計測国際シンポジウム 2019 報告 (ISOM' 19)

レーザー計測研究チーム 島田義則

◆ISOM' 19が新潟で開催

2019年10月21日～23日にかけて、朱鷺メッセ(新潟市)で開催された光メモリ・画像・計測国際シンポジウム2019(International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory 2019,主催:一般社団法人日本光学会)に参加し、講演を行った。本シンポジウムは今年で第29回を数える歴史の長い会議である。発足当初は光メモリとその関連分野に関するフォーラム(International Symposium on Optical Memory)であったが、近年のIT技術の急速な発展に伴い、光メモリ技術応用の新たなフロンティアとしてイメージング・センシング技術へと領域を広げ、2016年から現在の形となったようである。会議は光メモリ、デジタルホログラフィー、コンピューターイメージング&ディスプレイなど大きく6つのセッションで構成されていたが、今回はインフラストラクチャーへの応用に関する特別セッションが設けられ、筆者は講演者の一人として招待された。期間中は日本の他中国、台湾、アメリカ、韓国、ポーランドから100名以上が参加した。

◆コンクリートインフラ内部検査技術の成果を発表

特別セッションでは3件の招待講演があり、筆者はそのうちの1件でレーザーを用いたコンクリート内部検査技術に関する当研究所の成果を発表した。コンクリート内部欠陥検出の原理から、新幹線トンネルでの実験、高架橋床版検査の実験とその成果などについて紹介した。質疑では、検査できるコンクリートの厚さ、振動検出の原理の詳細、インパクトレーザーによるコンクリート表面へのダメージの有無や、計測装置の安定度に関するものなど、非常に多くの質問を受けた。講演後にはアメリカからの参加者に「非常に興味深い話であった。新幹線には安心して乗車できるね」と声をかけられ、反響は大きかった。

◆イメージング・センシング技術のインフラへの応用

他の2件の招待講演はともに産総研(AIST)からであった。AIST計量標準総合センターの李志遠主任研究員は、モアレ(干渉縞の一種)を用いた高精度位相解析技術とインフラメンテナンスへの応用について報告した。彼らは空間的な位相検知法であるサンプリングモアレ法と、位相をずらした複数のモアレ画像から3次元形状を復元する時間縞解析法(位相シフト法)を組

み合わせた時空位相シフト法を開発している。モアレを対象物に投射、あるいは基準となるモアレ画像を対象物に貼り付けてCCDカメラなどにより撮影、解析することにより、対象物の外観形状や変位、振動などをミクロンオーダーで計測できる。インフラへの応用では、鉄道橋(JR東日本)を列車が通過する際の橋梁のたわみや振動を計測した例が紹介され、橋梁部材に発生する欠陥の早期発見など、鉄道橋のメンテナンスに生かすことができるとのことであった。AISTセンシングシステム研究センターの古川祐光チーム長の講演では、近赤外分光法を用いて野外のコンクリート構造物に付着した塩害物質および水分の吸収スペクトルを遠隔計測(>5 m)した結果が報告され、それらの2次元濃度分布の取得が可能であることが示された。また1400 nm付近に観測される吸収帯の分析により、鉄筋コンクリート劣化の指標の一つであるコンクリート中性化の判別も可能、とのことであった。

◆医療・ヘルスケアへの応用

奈良先端科学技術大の太田淳教授より、眼底網膜画像を自分で撮影できる高速カメラシステムの開発に関する報告があった。高速微動する網膜の画像を取得するため、1kHzの高速画像処理装置(高速ビジョン)と近赤外光を用いた手法が提案された。可視光を用いた場合には、まぶしさにより瞳孔が小さくなってしまふことがあったとのこと。また赤外域の波長を選択することで、画像のRGBカラー化にも成功したとのことであった。今後パーソナルヘルスケアへの応用が期待される。東京農工大の西館泉准教授からは、デジタルカラー CCDカメラにより観測したラットおよび外科手術時の人間の脳表のRBG画像から、ヘモグロビンおよび脳の酸素飽和度の2次元濃度分布を可視化、定量化する手法が紹介された。さらに、可視光を用いた光散乱計測によりラットの脳内を流れる血流分布を画像化する手法についても報告があった。

今回、招待講演ということで通常は参加することのない国際会議に出席したが、光計測に関する講演も多数行われ楽しく聴講することができた。他学会に参加して刺激を受けることも重要であると再確認させられた。次回のISOMは来年、高松市で開催される予定である。

レーザー総研オープンセミナー

レーザー技術の最先端 ～レーザー加工からインフラ診断まで～

平成30年度研究成果報告会 (ILT2019東京会場)

昨年度に引き続き、「光とレーザーの科学技術フェア2019」にて
レーザー総研オープンセミナー (ILT 2019) を開催いたします。

日時：令和元年11月12日(火)10:30-16:30

場所：科学技術館 1F 6号会館(東京都千代田区北の丸公園2-1)
<http://www.jsf.or.jp/access/map/>

【プログラム】

10：30～ 開会挨拶 所長 井澤 靖和

●特別講演

10：35～ テラヘルツ波科学技術の最近の展開
(国研)理化学研究所 伊藤 弘昌 氏
JST産学共創基礎基盤研究プログラム「テラヘルツ波新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出」に関わった、日本のテラヘルツ波研究者の社会実装を旨とした取り組みを中心に紹介したい。

●レーザー加工の最先端

11：20～ レーザーアブレーションの基礎とシミュレーション
主席研究員 藤田 雅之
様々なレーザー加工の中でも、特にパルスレーザーを用いた加工現象を理解するために、光の立場から見たレーザーと物質の相互作用について解説する。波長やパルス幅が変わると、プラズマが発生すると、レーザー光の吸収がどう変わり、どのようなレーザー加工が実現できるのかをアブレーションプラズマのシミュレーション結果を交えて紹介する。

11：40～ ファイバーレーザーを使った表面加工

主席研究員 藤田 雅之
ファイバーレーザーからの高輝度連続光を高速で掃引することにより、建築構造物の表面塗装やサビを除去することができる。電力設備等に用いられている鋼材を対象として行ったレーザークリーニングの実験結果を紹介する。

12：00～ 休憩

●レーザー開発の最先端

13：30～ ジェット水流冷却キロワット出力Yb:YAGレーザー
副主任研究員 谷口 誠治
常温で動作する高平均出力レーザーの開発を進め、キロワットを越える出力を得ることに成功した。発振特性とその温度依存性、冷却手法の開発など、高出力化への取り組みについて報告する。

14：00～ UVプリンティング光源の開発

主任研究員 本越 伸二
NEDO「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」プロジェクトにおいて、共同開発を進めている「革新的小型・高効率UVレーザー光源の開発」の目標及び開発現状を紹介する。

14：25～ 光学素子のレーザー損傷とその評価方法

主任研究員 本越 伸二
高出力レーザー装置に使用される光学素子は、強いレーザー光により損傷することがある。本講演では、レーザー損傷の原因や、予防方法について、そしてILTで行っているレーザー損傷耐性試験について紹介する。

14：50～ 休憩

●レーザー計測の最先端

15：10～ 共鳴ラマン効果による微量物質計測

主席研究員 染川 智弘
散乱光が著しく増大する共鳴ラマン効果を利用して大気中の微量有害物質を遠隔計測する技術の開発を進めている。光源に要求される波長可変深紫外レーザーの特性、SO₂ガスの共鳴ラマン効果などについて報告する。

15：30～ 陸海空でのリモートセンシング技術

主席研究員 染川 智弘
レーザー計測は基礎科学から産業応用まで幅広い領域で利用されており、手元でのその場分析だけでなく、数km先の物質の把握も可能である。また、水の透過が比較的高い波長のレーザーを用いれば、海中のリモートセンシングも可能である。具体例として、我々が取り組んできた竹富島沖で湧出する火山性ガスに含まれるメタンの水中分布を測定する取り組みを報告する。

15：50～ レーザーを用いたインフラ検査技術

主任研究員 島田 義則
パルスレーザーを物質に照射して発生する衝撃波のエコーを計測することによって物質内部の情報を得ることができる。当研究所はこれまで鉄道トンネル覆工コンクリートを対象としてレーザーによる欠陥検出手法の実用化を進めてきた。レーザーによる検出原理や弊所が取り組んできた研究の歩みを紹介すると共に、高速化の現状について報告する。また、本手法をインフラの健全性評価に幅広く展開するために橋梁床版欠陥検出等、様々なインフラ検査にも取り組んでおり、その最新成果を報告する。

【開催概要】

<受講料> 無料

<講演資料> ご希望に応じて3,000円(但し、賛助会員等は無料)となります。

<定員> 140名

(定員になり次第締切らせていただきます)

<参加申込> こちらのサイトからお願いいたします。

https://www.optronics.co.jp/seminar/ilt2019_am.php