

# 社会インフラ構造物点検効率化システム

阪上 貴也  
山本 剛司

榎田 毅彦  
関根 理敏

1950年代半ばから始まった高度経済成長期に、日本各地で社会インフラが整備された。高速道路、橋梁、トンネル等の大量のインフラ構造物は建設後50年を経過しつつあり、今後老朽化による急速な劣化が懸念されるようになった。しかし限られた予算内で劣化した構造物全てを更新することは現実的ではない。このためインフラ構造物の維持管理、長寿命化技術が注目されている。

国土交通省は2014年7月より各地方自治体に対して、道路橋やトンネルを近接目視による点検を基本に5年に1回の頻度で定期点検することを義務付けた。しかし自治体の管理するこれらのインフラ構造物を、これまで以上の頻度で点検することは、熟練作業者の不足や少子高齢化による労働力不足が見込まれるために、非常に困難となっている。このため、インフラ構造物の点検・維持管理の省力化、省コスト化が求められている。

例えばトンネル点検作業は、これまでは経験年数の長い熟練作業者がコンクリートの打撃音を耳で聞いてコンクリート内部の正常／異常を判定していた。これに対し、我々は音響技術およびICT技術を活用した打音検査装置をインフラ点検向けに試作し、誰でも熟練作業者と同等の判別結果を得ることを可能とした。さらに報告書作成の効率化を可能にするシステムを検討した。

本稿では、トンネル点検作業を支援するインフラ点検効率化システムを紹介する。具体的には、「現場」から「事務所」までインフラ点検作業全体の効率化を支援するシステムについて解説する。さらに、打音検査によるコンクリート内部の正常／異常判別技術について紹介する。

／異常を判別するとともに健全性を診断する。本点検作業では経験に基づく判断が必要であるため、熟練作業者が実施する。また、事務所における点検結果の取りまとめ作業は、点検作業時に紙面に記録したメモ・スケッチや写真から帳票を作成するため、点検実施者自身がCADソフト等を用いてスケッチを変状展開図等として清書し、変状箇所と写真を突き合せて整理する。このように、現場での一連の点検作業とともに、点検結果の取りまとめをも点検実施者自身が実施するのが一般的である。

図1に、インフラ効率化点検システムのイメージ図を示す。本システムは、トンネル等の打音点検に用いる「打音検査装置」とトンネルの変状や診断結果等の点検結果を記録する「点検／変状記録端末」、点検結果等を一元管理し、点検調書や図面を作成する「点検業務支援サーバー」により構成される。

図2に、一般的なトンネル点検の業務フローを示す。

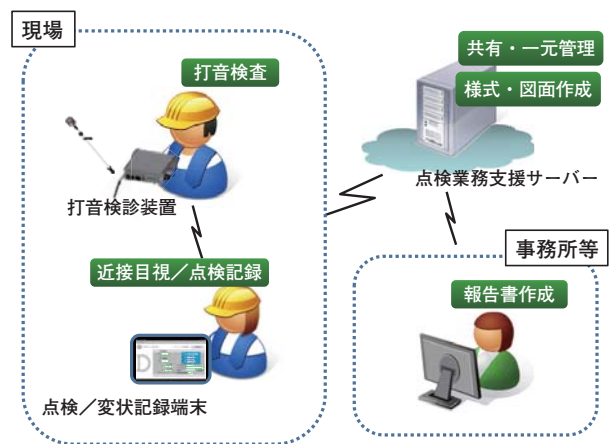


図1 インフラ点検効率化システムのイメージ図

## インフラ点検効率化システムの概要

従来の点検作業では、近接目視や打音検査の結果をトンネル図面等の紙面にスケッチ・記録し、当該箇所の写真を撮影している。このうち、打音検査は、点検用ハンマーでトンネル壁面を打撃し、打撃時の音で正常

現場作業のフローには、定期点検要領<sup>1)</sup>に基づく点検作業を示している。本システムを用いることによって、図中網掛け箇所の工程を支援する。現場での点検業務フローは従来作業と同等である。その一方で、事務所等実施する作業の大幅な効率化を可能とする。

打音検診装置は、ソレノイド式ハンマーを採用し、作業者によらず一定の力で壁面を打撃し、打撃時の音を周囲雑音の影響を受けずに集音可能な構成とした。壁面を打撃した音から、後述する打音検診技術を用い壁面の異常有無を判別する。これにより、熟練作業者と同様の判別を可能としている。

点検／変状記録端末では、現場作業で実施する近接目視により発見したひび割れなど変状内容のスケッチや写真撮影、打音検査により発見した異常箇所の位置と診断結果を記録する。端末への入力、従来の現場作業における点検結果の記録に要する時間と同等の作業時間で入力可能とするよう配慮している。点検／変状記録端末で動作するソフトウェアは、汎用的なモバイル端末で動作するブラウザを基本に構成した。表1に点検／変状記録端末の仕様を示す。今後、利用者の要望に応じて順次スマートフォン等で利用されるOS (iOS、Android OS) にも対応していく予定である。

点検業務支援サーバーでは、点検現場で点検／変状記録端末に入力した点検記録から、定期点検要領<sup>1)</sup>に示された帳票に記載する情報を作成する。作成した

情報はCAD形式やExcel<sup>\*3)</sup>形式など必要なファイル形式で取得でき、事務所での報告書作成作業を大幅に効率化することが可能となる。また、点検実施者が行う必要のあった作業も、点検業務支援サーバーに情報を収集・管理することで、異なる作業者が点検記録を取りまとめることが可能となる。なお、点検業務支援サーバーは、現場と事務所の情報共有を円滑にするため、インターネットを経由した利用を前提としている。このため、利用者の要望に応じクラウドサービスを利用するなどさまざまな形での運用が可能である。

表1 点検／変状記録端末 仕様

項目	概要
端末形状	タブレット型(カメラ内蔵・ペン入力機能)
推奨解像度	1280×800pixel以上
推奨性能	CPU：Intel Core i5 <sup>*1)</sup> 相当以上 メモリ：4GB以上 ストレージ：16GB以上
ブラウザ	Google Chrome <sup>*2)</sup>
推奨OS	Microsoft Windows 8.1 <sup>*3)</sup> ※順次、iOS <sup>*4)</sup> 、Android OS <sup>*2)</sup> にも対応予定

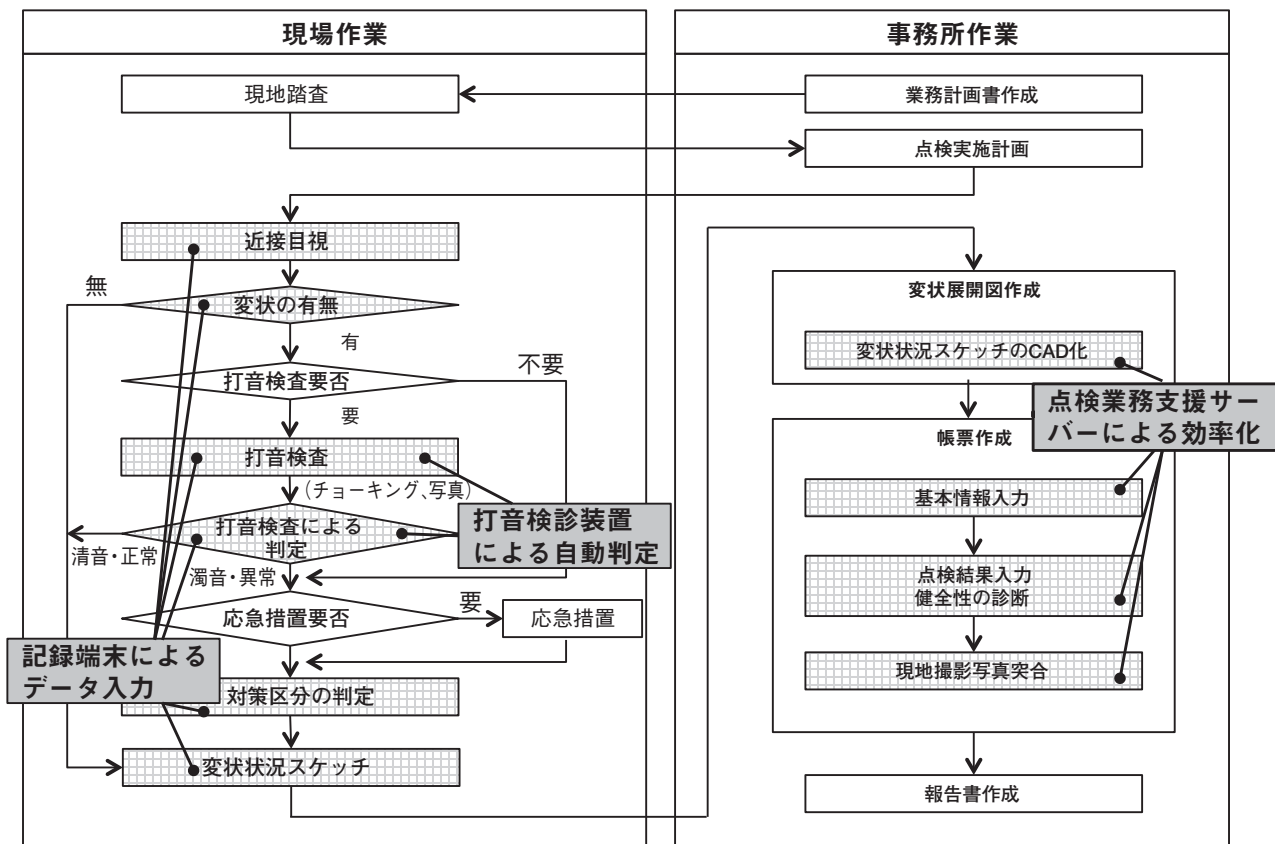


図2 トンネル点検の業務フロー

\*1) Intel Core i5 は、Intel Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。 \*2) Google Chrome、Android は、Google Inc. の登録商標です。 \*3) Windows、Excel は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。 \*4) iOS は、Apple Inc. の商標です。

## 打音検診技術

打音検診技術とは、前述のソレノイド式ハンマーによる打撃音を自動解析し、壁面の異常を判別する音響解析技術である。本技術により、作業者の熟練度に依存しない、安定した異常判別を可能にする。判別可能な異常は、コンクリート表面近くの浮き、はく離、内部欠損等<sup>2)</sup>である。実際のトンネルにおけるコンクリート評価実験で、熟練作業者による異常判別結果とほぼ100%の一致率を達成している。

本技術の構築は、数多くの壁面の打音により収集した音響信号の解析に基づいている。図3に、正常箇所および異常箇所から得られた音響信号の波形の例を示す。図3から分かる通り、壁面上の異常の有無により、音響信号の波形形状が大きく異なる。これまで集積した正常・異常を含む多数の信号の比較分析から、多様な特性のコンクリートにおいても正常と異常の差を的確に示す多次元の特徴を見出し、そこから特徴分析により自動的に判別する方式を実現している。

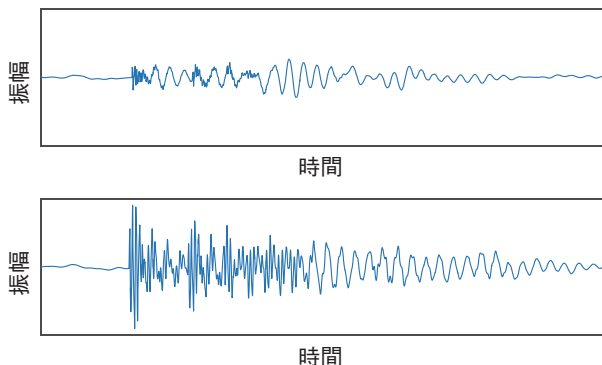


図3 正常(上段)及び異常(下段)箇所の信号波形

図4に判別方式の処理フローを示す。「打音信号抽出」ブロックでは、打撃時の音響信号のみを抽出し、後段の処理を駆動する。「前処理」および「特徴抽出」のブロックにて、音響信号に含まれるノイズを抑制し、コンクリートの異常に対して感度の高い特徴量を抽出する。その後、正常・異常判別する流れとなる。

本判別処理は、点検作業者が携帯する機器で動作するため、各処理ブロックは演算量の少ない手法となるように調整している。音響解析の処理時間は、ARM Cortex-A9<sup>\*5)</sup>(最大400MHz)の組込み環境で1回の打撃あたり200ms以下に抑え、作業者が現場で打撃毎に直ちに結果を確認可能な装置を実現している。

\*5) ARM Cortex-A9は、ARM LimitedのEUまたはその他の国における登録商標です。

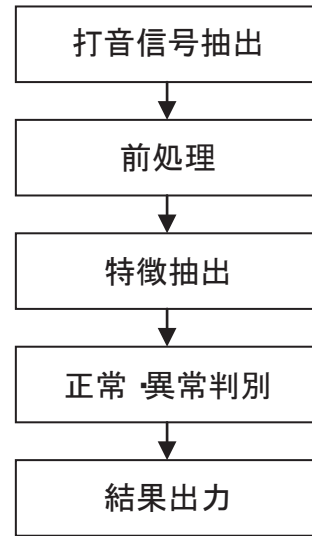


図4 判別方式の処理フロー

## まとめ

「現場」から「事務所」までインフラ構造物点検における一連の業務をシステム化した。これにより、点検業務全体の効率化を可能にする。本システムでは、熟練作業者に頼らない打音検査におけるコンクリート内部の正常/異常の判別や、事務所での報告書作成作業の大幅な効率化を可能とする。

また、実際のトンネルにおいても打音検査を実施し、正常/異常の判別が熟練作業者と同等の一致率を示したことを確認した。

今後、トンネル以外の橋梁等コンクリート構造物の点検業務への適用や、更なる作業全体の効率化を検討していく。 ◆◆

## 参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 国道・防災課：“道路トンネル定期点検要領,”平成26年(2014)6月、[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3\\_1\\_9.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3_1_9.pdf)
- 2) 小林幸一、森濱和正：“外観調査に関する試験方法と規格,”非破壊検査, pp.432-pp.437, vol. 64, No. 9, 2015.

## ● 筆者紹介

阪上貴也：Takaya Sakagami. 社会システム事業本部 次世代社会インフラ事業推進室

榎田毅彦：Takehiko Makita. 社会システム事業本部  
次世代社会インフラ事業推進室

山本剛司：Takeshi Yamamoto. 社会システム事業本部  
交通・防災システム事業部

関根理敏：Masatoshi Sekine. 研究開発センタ センシ  
ング技術研究開発部

## TiPo 【基本用語解説】

### ソレノイド式ハンマー

可動ピン先端部にハンマーを装着し、電気制御により一定の強さで壁面などを打撃する装置。ソレノイドとは、らせん状に巻いたコイルのこと。ソレノイドに電流を流すことにより発生した磁場が可動ピンを動かし、先端部のハンマーに直線的な打撃運動をさせる。