作業の高効率化と高品質化を実現する基盤設備の点検診断技術

川端 一嘉（かわばた かずよし）/菊地 真人（きくち まさと）
望月 章志（もちづき しょうじ）※ /山門 亮（やまかど りょう）
高橋 宏行（たかはし ひろゆき）/金子 英（かねこ すぐる）
内堀 大輔（うちぼり だいすけ）
NTTアクセスサービスシステム研究所

NTTアクセスサービスシステム研究所では，全国に点在する大量の基盤設備の点検診断に関し，他研究所が有するセンサネットワーク，メカトロニクス，リモートセンシング等のさまざまな技術との融合により，既存の画像処理技術をさらに進化させることによって，これまでの「人による診断」から，効率的に広範囲をカバーするスクリーニング点検手法に必要不可欠な「自動診断」への移行を目指しています．本稿では，最近の研究開発の動向として，電柱とマンホール鉄蓋に関する点検技術について紹介します．

点検診断に関するR&Dの方向性

NTTでは，目視を中心とした点検によって設備の全数検査を計画的に実施し，通信を支える基盤設備の劣化（鋼材の腐食やコンクリートの中性化などの時間の経過に伴って進行する性能低下）や変状（亀裂，たわみ，変形，剥離，錆汁などの表面的にみられる異常）の状況を観測することによって，劣化度合いや規模を把握し，必要に応じた補修，補強，更改などを行っています．また，点検で得られた大量のデータをデータベース上に蓄積し，基盤設備の維持管理における評価指標，評価方法および運用の適正化・最適化の根拠として活用しています．このような取り組みにより，全国各地に点在する大量の設備の安全性と信頼性の確保を実現し，通信サービスの安定提供を支えています．

しかしながら，基盤設備の点検診断では以下に挙げる課題が顕在化しつつあり，新しい点検技術や運用等の導入による課題克服が必要となっています．

- NTTが有する基盤設備の老朽化に伴う点検の頻度と項目の増加，および点検コストの増加
- 団塊世代の退職によって経験やノウハウを有する熟練技術者が減少傾向にあり，後継技術者による点検品質の維持と向上
- 数10 kmに及ぶ大量の通信ケーブルを収容するとう道（地下トンネル）や，道路下に埋設するマンホールは容易に更改できないため，供用年数の延伸に向けた劣化状況の把握
- 老朽化する社会インフラの安全性の確保に対する社会的要請が大きくなり，国や地方自治体の管理する構造物（橋梁，トンネル，舗装，道路付属物など）とそれを占用する設備（橋梁添架管路など）に関し，定期的な点検が義務化される方向にあり，点検コストや点検稼働の増大

このような課題を背景に，NTTアクセスサービスシステム研究所では，「費用」「品質」「付加価値」の３つの面に着目して，新たな点検技術の創出に注力しています．費用では，少ない作業量，工程数，人員で点検を実施できることを目標としています．品質では，熟練技術者と同等以上の精度を，誰でも，いつでも，どこでも，全国で一律に評価できることを重要視しています．付加価値では，取扱いの容易さ，作業の安全性向上，肉眼による検査が困難な個所の可視化を目指しています．

NTTアクセスサービスシステム研究所における基盤設備の点検診断技術の研究では，短中期の取り組みと中長期の取り組みを並行して進めています．

短中期での取り組みでは，基盤設備の全数点検を実施するうえで第三者被害の可能性が高い設備（電柱，マンホール鉄蓋，橋梁添架設備）に対して安全を確保することを最優先とし，「点検の困難・不能個所の撲滅」や「労力，費用，熟練技術を要する個所の低減」を図る点検診断技術の創出をねらっています．一方，中長期での取り組みでは，画像処理技術やセンサ技術を扱う研究所と連携し，画像や動画を利用したスクリーニング点検や常時モニタリングの可能性に挑戦し，インフラ設備の維持管理に関する運用体系を抜本的に変革し得る革新的な点検診断技術の創出をねらっています．

本稿では，NTTアクセスサービスシステム研究所が進める基盤設備の点検診断に関する最近の研究開発の動向として，電柱とマンホール鉄蓋の点検技術の取り組みについて紹介します．

※　現，NTT先端集積デバイス研究所

コンクリート柱の点検診断技術

NTT東日本・西日本は全国で約800万本のコンクリート柱（電柱）を保有しており，これらを安全な状態に保つための定期点検を実施しています．点検では，目視または双眼鏡を用いたひび割れ状態の確認や，超音波センサを用いた非破壊検査装置による地中部や貼紙防止シート部に潜在するひび割れの探査，磁気センサを用いた非破壊検査装置による電柱の内部劣化の探査を行っています．しかし，ひび割れや内部劣化を的確にとらえるためには，点検者に専門的知識と技能，熟練度が必要とされます．最近では，膨大な量の電柱に対する点検稼働量に対し，熟練した技術者の人数が減少してきており，点検の質と量の両立が難しくなってきています．このような背景を受け，NTTアクセスサービスシステム研究所では，点検者の技能や熟練度によらずに現行の点検よりも正確かつ効率的に点検できる，３つの電柱点検診断技術の研究を進めてきました．

⑴　画像解析によるひび割れ検知技術

図１に示すように，本技術は電柱表面に生じたひび割れを市販のデジタルカメラで撮影した画像から自動検知することが可能です．しかし電柱を遠隔で撮影した場合，画像の中にケーブル・足場ボルトなどの付属物や背景などが写り，画像処理においてはこれらの輪郭がひび割れと間違えて検知されることが問題となります．本技術は，人間が色合いや質感などの情報を使うことによって，電柱表面のひび割れを識別していることに着目し，この識別作業を画像処理技術で実現することで，ケーブル・足場ボルトなどの付属物や背景を自動で除去する機能を実現しています．このことにより，誤検知の発生が抑えられ，ひび割れのみを的確に検知することができるようになりました．本技術により作業者の技能や熟練度と関係なく，正確な点検が実施できるようになったほか，目視点検で労力を要していた電柱の上部付近も含めて，ひび割れの有無と場所とを容易に確認することが可能になりました．また，膨大な数の撮影画像を電柱単位に自動的に整理・保管する機能を付加し，事務処理にかかっていた稼働の大幅な削減も実現しています．

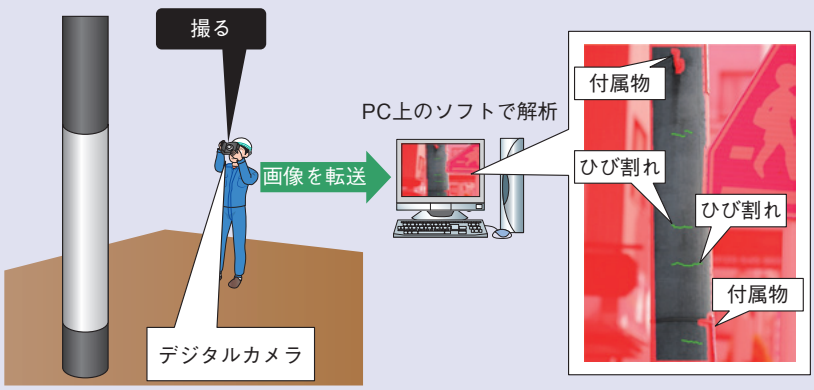

図１　画像解析によるひび割れ検知技術の概要

⑵　張り紙防止シート下のひび割れ検知技術

現状，貼紙防止シートなどによって隠れたひび割れを検知するためには，超音波を用いた検査装置を使用しています．しかしながら，伝播波形の読み取りに専門知識を要するため，点検者に熟練が必要不可欠な点が課題です．そこで，貼紙防止シート下のひび割れを点検する装置を76.5 GHz帯のミリ波*を用いた透視イメージング技術によって実現し，世界で初めて実用化を行いました．本技術の概要を**図２**に示します．

本技術では，電柱の表面にミリ波を照射すると，ひび割れのない個所では一定強度の反射波が戻ってきますが，ひび割れのある個所では入射したミリ波が四方へ散乱するため，入射方向に戻る反射波（後方散乱波）は強度の小さな信号として観測されるという現象を利用しています．また，ミリ波は貼紙防止シートなどの誘電体を透過し，コンクリート表面で反射をする特性を有するため，ひび割れの透過イメージングを実現することができます．構築したひび割れ点検装置は，受信信号からコンクリート表面の透視画像を生成し，その透視画像からひび割れを自動抽出するソフトウェアを搭載しており，点検者の技能や熟練度によらず，ひび割れの有無が目視で確認できるようにしています．

⑶　健全度診断技術

現在，電柱にひび割れが発見された場合は，磁気センサを用いた詳細点検として，電柱内部の鉄筋の破断状況を検査しています．しかしながら，この

＊ミリ波：周波数が30～300 GHzの電磁波．波長が短いために，光と電波の中間的な特徴を有します．

方法では高所作業車を使って電柱側面を走査する必要があり，測定に時間と労力がかかります．そこで，地上の点検者が電柱側面をハンマーなどで打撃するだけで健全度を診断できる，健全度診断技術を開発しました．本技術の概要を**図3**に示します．電柱側面を円周方向にハンマーなどで叩き，それによって生じる揺れの振動数を測定します．電柱が健全である場合，いずれの側面を叩いても均一な振動数が観測されます．一方，ある側面に損傷などの問題が生じて剛性の均一性が失われた場合，一部の方向から打撃を与えた場合に観測される振動数が変化します．つまり，各電柱の固有振動数の打撃方向別変化を検査することによって，電柱の健全度を調べることができます．

以上の3つの技術については，NTTが所有する電柱の一部に対して使用が開始されており，今後も安全に設備を維持管理するために事業導入が進められる予定です．

マンホール鉄蓋の段差計測技術

NTTでは全国で約68万個のマンホールを保有しており，マンホール鉄蓋の定期点検を実施しています．鉄蓋の主な点検項目の1つとして，マンホール鉄蓋と受枠との間に生じる段差計測があります．現行の段差計測は，点検者が車道に保安施設を設置し，安全を確保しながらノギス等を用いて段差を計測します（**図4**）．そのため，点検者の安全性の確保，現場点検を行う前の道路使用許可の申請，および保安施設の設置に要する稼働や，道路を通行する車両等へ与える影響が課題となっています．このような背景から，NTTアクセスサービスシステム研究所では，鉄蓋の段差を安全，かつ効率的に点検できる手法の確立を目指し，画像を用いた鉄蓋段差計測技術を開発しました．

本技術は市販の一眼レフデジタルカ

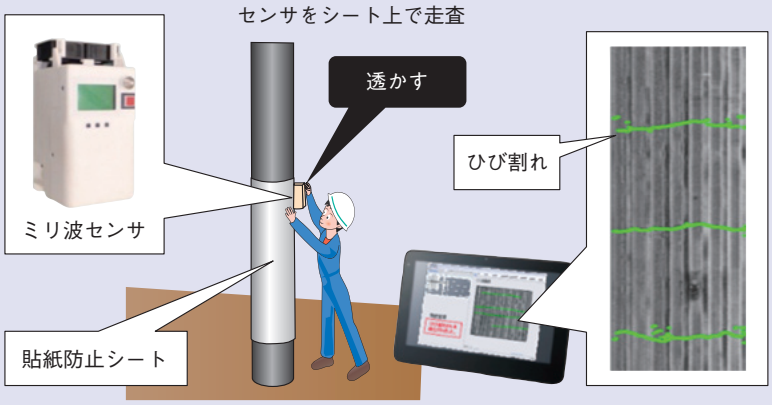

図2　ミリ波透視イメージングによる貼紙防止シート下のひび割れ検知技術の概要

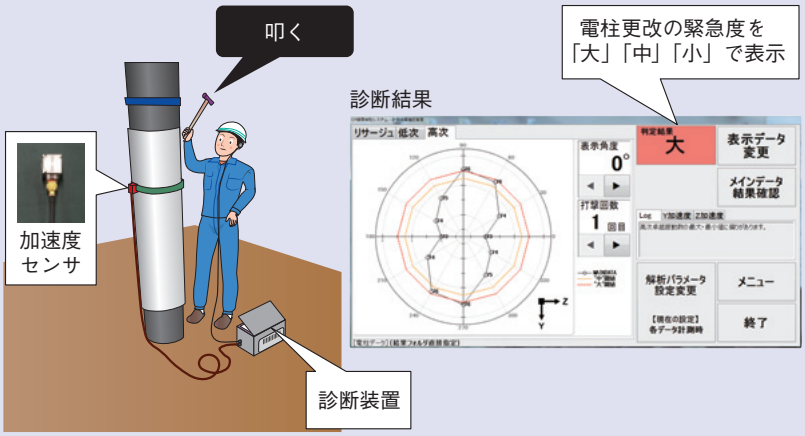

図3　打撃振動解析による健全度診断技術の概要

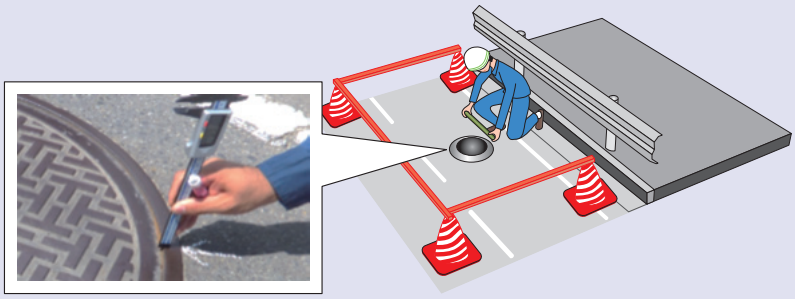

図4　現行の段差計測方法

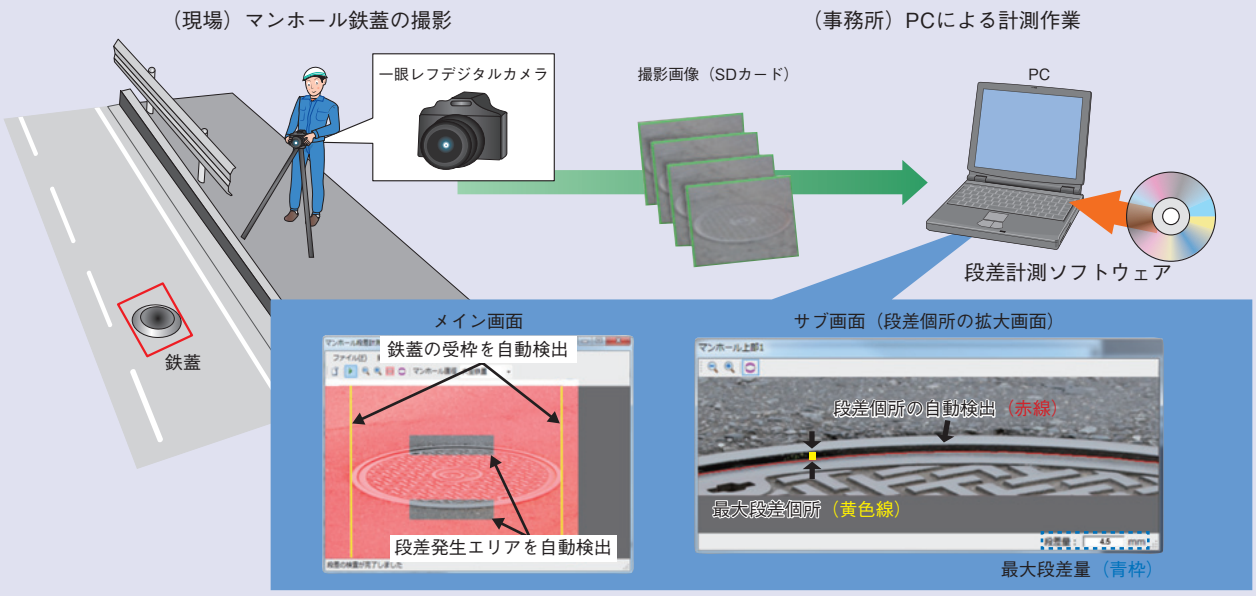

図5　一眼レフデジタルカメラ画像を用いた段差計測のイメージ

メラで撮影した鉄蓋の画像から，段差部分の抽出と段差量とを計測することで，遠隔から鉄蓋段差を検知できる点が特長です．本技術を用いた際の段差計測方法を**図5**に示します．点検者は歩道などの安全な場所からデジタルカメラで鉄蓋の撮影を行い，取得した画像データをコンピュータに転送・保存します．段差計測ソフトウェアを用いると，鉄蓋の受枠と段差発生エリアが自動検出され，鉄蓋の段差個所とその最大段差量が表示されます．実際の撮影画像には，縁石，白線，砂利，草などの不要物が写り込みますが，テクスチャと色の情報からそれらの不要物を適切に除去する機能を新たに導入し，不要物による誤検知を低減することに成功しました．本技術によって，安全な地点からの撮影のみでマンホール鉄蓋の段差計測が可能となりました．本技術は，2014年度からNTTが実施するマンホール点検作業に対して，順次導入される予定になっています．

今後の展開

電柱の点検診断の技術開発で培われた自動判定技術については，マンホール本体，とう道などのその他のコンクリート構造物への展開を検討していく予定です．これにより安心・安全の担保と，点検コストの削減の効果をNTTが所有する基盤設備全体に広げることを目指します．また，マンホール鉄蓋の点検において，もう1つの重要項目である表面の摩耗の状態についても，撮影画像から観測できるようにすべく，NTT研究所内で培われた画像処理技術を応用した自動点検技術を研究していく予定です．鉄蓋を撮影した画像から段差と摩耗度を同時に点検できる技術を確立することによって，マンホール鉄蓋の点検にかかる稼働と，点検の容易さを大きく改善できることを期待しています．さらには，橋梁添架設備に関しても，点検の自動化技術の検討を予定しています．

（後列左から）金子　英/ 高橋　宏行/ 内堀　大輔
（前列左から）山門　亮/ 菊地　真人/ 川端　一嘉/ 望月　章志

NTTが所有する基盤設備は多種多様であり，これらの設備の点検技術の確立は安心・安全なインフラ維持の基礎となると考えています．今後も革新的な基盤設備の点検技術の創出に向けて研究を進め，点検における「費用」「品質」「付加価値」の抜本的な改善に向けて取り組んでいきます．

◆問い合わせ先
NTTアクセスサービスシステム研究所
シビルシステムプロジェクト
点検診断系グループ
TEL　029-868-6210
FAX　029-868-6259
E-mail　takahashi.hi@lab.ntt.co.jp