

# 国土交通省総合技術開発プロジェクト

## 社会資本の予防保全的管理のための 点検・監視技術の開発

実施機関 : 国総研 総合技術政策研究センター・  
下水道研究部・河川研究部・  
道路研究部・建築研究部・  
住宅研究部

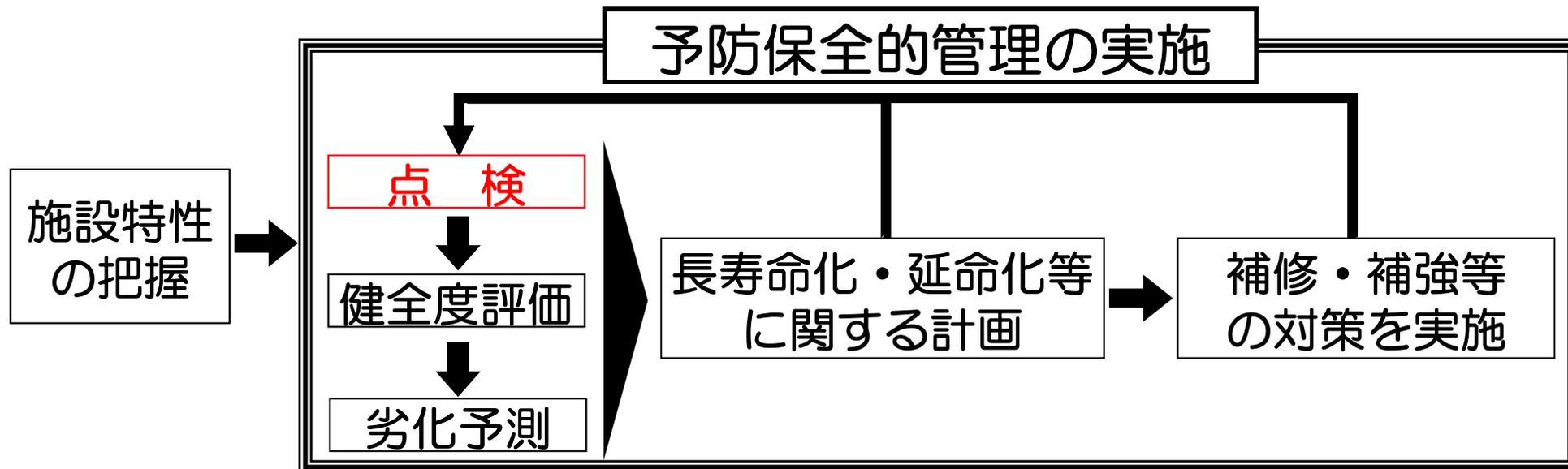
リーダー : 建設マネジメント研究官

研究期間 : 平成22年度～平成24年度

研究費総額 : 約407百万円

# 1. 背景

1. 背景 これまでの『事後的管理』から『**予防保全的管理**』へ転換



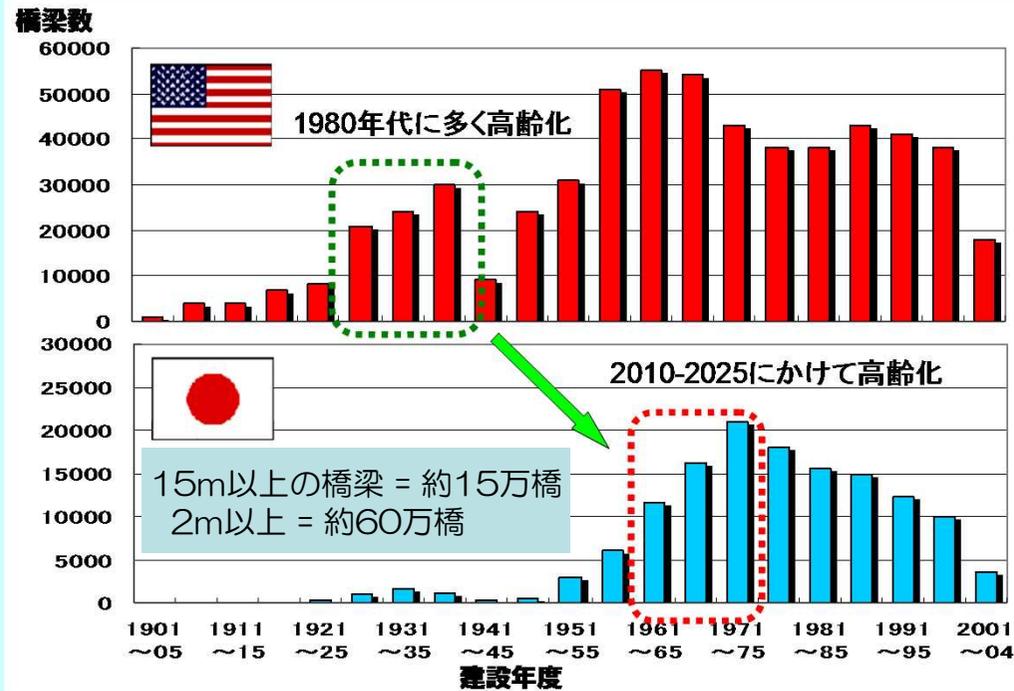
これまでの点検・監視      目視可能な部位の目視による点検・監視が中心

2. 本研究の目的      これからの点検・監視

『見えるところを見る』から『**診るべきところを診る**』へ

- I. 構造物の**目視困難な部位**の点検・監視，診断技術
- II. **目視では評価が困難な構造物の変状**の点検・監視，診断技術を新たに開発する

## 道路橋の高齢化

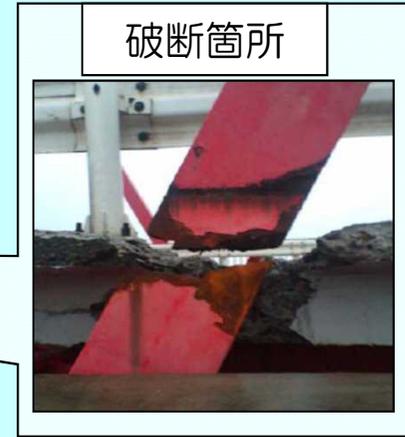


## 米国ミネアポリスI-35橋の崩壊事故



社会資本の高齢化が日本より早く、  
人命を巻き込む落橋事故が発生

## 道路橋の損傷事例「鋼トラス橋のコンクリート埋設部材破断」



従来のコンクリートに埋め込まれた部材の腐食検査には、ハツリ検査等の破壊検査が必要で、検査コスト高く検査実施率・頻度が低かった。

新しい検査手法により検査コストを低減し、検査実施率・頻度を向上させ、損傷発生前に手当すること(予防保全)を推進させる。

一般国道23号 木曾川大橋 (三重県)  
橋梁形式：鋼トラス橋 架設竣工年：1963年

## 埋設管破損による道路陥没の事例



従来の埋設管TVカメラ検査では、モニタ画面を人が判読するため調査速度が遅いこと等から検査コストが高く検査実施率・頻度が低かった。

新しい検査手法により検査コストを低減し、検査実施率・頻度を向上させ、損傷発生前に手当すること(予防保全)を推進させる。

## 建物外壁の落下の事例



従来の外壁面部材の打診検査には、足場の設置が必要で、検査コスト高く検査実施率・頻度が低かった。

新しい検査手法により検査コストを低減し、検査実施率・頻度を向上させ、損傷発生前に手当すること(予防保全)を推進させる。

# 総プロ後における社会の動向

【総プロ】社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発（H22～24）

新しい点検・監視技術の  
技術的可能性を見出す

笹子トンネル天井板落下事故（H24.12.2）

- （例）橋梁の鋼材埋込部等の点検・診断手法
- ・渦流探傷法による非破壊腐食損傷検出技術
  - ・狭隘部分に進入可能な小型の点検ロボット

「社会資本メンテナンス元年」（H25）  
メンテナンス関連の施策強化（当面講ずべき措置）

## 1. 現場管理上の対策

（道路・橋梁分野）

・基準・マニュアルの策定・見直し

- ・道路法改正：点検基準法定化（H25.6）
- ・「定期点検要領」通知（H26.6.25）
- ・近接目視以外の方法として、「非破壊検査手法」が明記（道路橋点検必携（H27.4））

・新技術の開発・導入等

・総点検の実施と修繕

・維持管理・更新情報の整備

- 【点検，モニタリング技術】  
公募による現場での試行と評価（H26.9～）  
（「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」等）
- ・点検：き裂等調査（一部不可視部），コンクリート健全度調査等
  - ・モニタリング技術：支承部および桁端部等の劣化状況等

## 2. 現場を支える制度的な対策

- 【インフラ用ロボット】  
公募による現場での試行と評価（H26.4～）  
（「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」等）
- ・重点分野：維持管理では橋梁，トンネル，水中（ダム，河川）を対象とした近接目視支援，打音検査支援，等

## 3. 長寿命化計画の推進

## 2. 研究の概要・対象範囲

維持管理に関する技術のうち、レベルアップが必要であり、さらに分野横断的に適用することが可能な、点検・診断技術および日常の変状監視を対象とした。

### I. 構造物の目視困難な部位の点検・診断技術の開発

- ① コンクリート埋込み部の鋼材の腐食や亀裂の診断技術
- ② 箱桁等の狭隘な閉鎖空間内部を見るための内視鏡技術
- ③ 壁面を自走しながらタイル外壁を診断する装置及び診断技術
- ④ 管口カメラを活用した下水道管内スクリーニング調査技術
- ⑤ 高精度GPS移動計測装置（MMS）を用いた下水道管起因道路陥没の予兆を発見する技術
- ⑥ 木造建築物の床下部の劣化診断装置及び技術

### II. 目視では評価が困難な構造物の変状の点検・監視技術の開発

- ① 堤防のり面の浸潤部を熱赤外線映像法で検知する技術
- ② GPSやカメラ画像処理による位置計測から道路構造物の変状を検知する技術

# 3. 研究実施体制

## 施策推進・技術基準制定

国土交通省  
 大臣官房 技術調査課  
 水管理・国土保全局  
 道路局  
 住宅局

情報共有・  
連携

## 専門家会合（専門分野毎）

大学

専門機関  
 (独)産業技術総合研究所  
 (独)森林総合研究所  
 (独)土木研究所  
 (独)建築研究所

地方公共団体

業界団体  
 (社)日本非破壊検査協会  
 (社)日本非破壊検査工業会  
 (財)建築防災協会  
 (社)全国中小建築工事業団体連合会  
 (社)日本木造住宅産業協会 等

意見聴取

## 応用技術，評価技術の開発

（要求性能設定，性能評価，評価基準）

### 国土技術政策総合研究所

下水道研究室，河川研究室，道路構造物管理研究室  
 建築品質研究官，住宅ストック高度化研究室  
 建設マネジメント研究官，建設システム課，評価システム研究室

- I. 構造物の目視困難な部位の点検・診断技術の開発
  - ・非破壊検査による埋込部・遮蔽部の点検・診断技術の開発
  - ・画像・データによる目視困難な部位の点検・診断技術の開発
- II. 目視では評価が困難な変状の点検・監視技術
  - ・赤外線を活用した漏水部の点検・診断技術の開発
  - ・位置計測による構造物の監視・変状探知手法の開発

## 要素技術の開発

（非破壊検査技術，計測技術，動作制御技術）

委託研究	東京工業大学（I.①, ②）
委託研究	三重県建設資材試験センター（I.③）
共同研究	(株)環境総合テクノス（I.⑤）
共同研究	管清工業(株)・(株)カンツール（I.④）

## 検査装置開発・製作

測定機器メーカー

# 各研究の開発レベル

研究分野	開発段階（実用化に課題）	実証段階（実用化に向けた実証・改良）	普及段階（実用化）
(I.①) コンクリート埋込部の鋼材腐食の診断手法の開発	■		
(I.②) 箱桁内部等の狭隘部の診断手法の開発	■		
(I.③) 外壁の遠隔診断手法の開発	■		
(I.④) TVカメラ調査のスクリーニング手法の開発	■		■
(I.⑤) 道路陥没予兆の発見手法の開発	■		
(I.⑥) 床下木質部材の劣化診断手法の開発	■		
(II.①) 赤外線を活用した漏水部の点検・診断技術の開発	■		
(II.②) 位置計測による構造物の監視・変状探知手法の開発	■		

## 研究成果

- 渦流探傷法：コンクリート埋込部においても、プローブ径23mmで、かつ周波数10kHzにおいて鋼材腐食損傷が検出可能なことを確認
- 超音波フェーズドアレイ：データ処理方法を工夫し、鋼材の損傷状況を三次元的な把握を可能とした

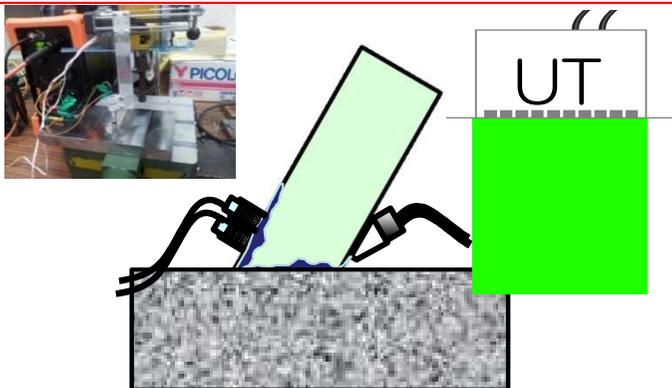
## 成果を実務へ反映する上で残されていた課題

- 直接目視困難なコンクリート埋込部の鋼材腐食による欠損把握技術、及び鋼材損傷状況の三次元的把握技術の可能性を見出したが、実用化にあたり、さらなる**精度向上**が必要であった

## 総プロ終了後に実施した内容、成果

- 委託研究先の東工大において、総プロの成果を元に以下の検討を実施
- 渦流探傷法により鋼部材表面までの距離（**さび厚に相当**）を計測する技術を開発
  - 渦流探傷法と超音波探傷法を組合せ、目視困難なコンクリート埋込部での鋼材欠損の有無だけでなく、**サイズの検出手法**を構築

### 渦流と超音波の組合せによる損傷可視化の精度向上



- 複数プローブ（小型超音波フェーズドアレイ、縦・横複数配置渦流コイル）の制御
- コンクリート透過、表面粗度への対応
- コンクリート埋込部の鋼材腐食による欠損量を評価

## 研究成果

- ボルト径寸法孔（径22mm）から侵入し，エアシリンダー等の制御により，任意角度での移動が可能なロボットを開発
- 内視鏡による箱内の錆状況の画像取得技術等を開発

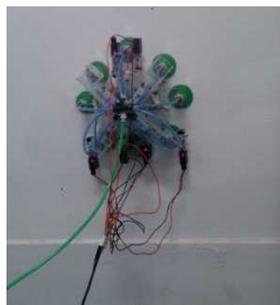
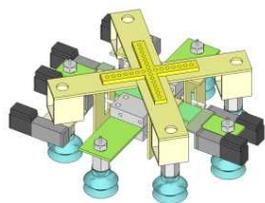
## 成果を実務へ反映する上で残されていた課題

鋼材表面を移動しながら狭隘部にアクセスできる小型自走式ロボットを開発したが，実用化にあたっては，ロボットのさらなる機能高度化（移動性能，点検機能付加等）が必要であった

## 総プロ終了後に実施した内容，成果

- 委託研究先の東工大において，総プロの成果を元に以下の検討を実施
- 鋼材表面の移動に加え，コンクリート部材表面（床版，壁面等を含む）の移動も可能となるように，真空空気を用いた吸着移動式小型ロボットを開発
  - 軽量の加速度計などの搭載を可能とし，移動しながら部材の振動状況を調査することで床版の損傷の把握などを可能とした

## 構造物内視鏡（マイクロロボット）の機能高度化



- 自走移動（鋼材，コンクリート）： 10m以上あらゆる部材角度に対応
- 位置同定機能（画像処理法）
- 拳動把握機能（加速度計等）
- 軽量・安価（300g）

## 研究成果

- 外壁診断：高所など、人が容易に近づけない外壁面での検査診断を行う外壁診断装置（自走式）を開発
- 床下点検：高さ約30cm以上の床下自走式劣化診断装置を開発

## 成果を実務へ反映する上で残されていた課題

- 外壁診断：建築基準法第12条・定期報告制度の外壁診断手法の一つとして、「外壁診断装置を活用した調査法」を明確に位置づける必要があり、そのための診断装置の性能基準等の整備が必要
- 床下点検：「床下劣化診断装置を用いた木造住宅の床下点検・診断方法」を長期優良住宅の認定基準に関する解説書へ記載するための取り組みが必要

## 総プロ終了後に実施した内容、成果

- 外壁診断：共同研究「自走式外壁診断装置の実用化に向けた検証（H25・26）」において実建物での検証実験
- 外壁診断：建築基準整備促進事業「湿式外壁等の定期調査方法の合理化の検討（H27・28）」において、外壁診断装置を用いた調査診断方法も可能とするための診断装置の性能基準等を検討



実建物での実証実験の一例

## 今後の方向性

- 外壁診断：建築基準法第12条・定期報告における外壁調査方法の改訂とともに、対応した外壁診断指針も改定予定
- 床下点検：長期優良住宅の認定基準に関する解説書への反映（床下有効高さが足りない既存木造住宅の長期優良認定へ）

## 研究成果

経過年数の少ない下水道管における経済的優位性を確認。研究成果を管渠マネジメントシステム技術として取りまとめた。

## 研究成果等の実務への反映

「下水道維持管理指針」に、下水道管路の点検調査の一つとしてスクリーニング手法を新たに位置づけ (H25年度)

## 総プロ終了後に実施した内容、成果

- 下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト) により、民間のスクリーニング技術を公募し、現場実証を経て、ガイドラインを発刊 (H26年度)
- 東京会場、大阪会場にてガイドライン説明会を実施 (H26年度)
- 本省下水道部より、スクリーニング手法の積極的な導入に関する事務連絡が発出 (H26年度)
- 「下水道事業におけるストックマネジメントの実施に関するガイドライン」 (国土交通省下水道部・国総研) にスクリーニング手法を記載し発刊 (H27年度)
- 効果検証のために、フォローアップ調査を実施中 (H26年度～)

100名を超える参加のあったガイドライン説明会



併設した機材展示にも多くの来場者



## 今後の方向性

- 普及啓発のため、各種セミナーでの紹介や専門誌への記事投稿を実施

## 研究成果

下水道管の致命的な損傷の回避のため、陥没箇所を事前に察知する手法として、定期的な路面計測により、陥没直前に発生する10~20mm前後の急激な陥没予兆を発見できることを確認

## 成果を実務へ反映する上で残されていた課題

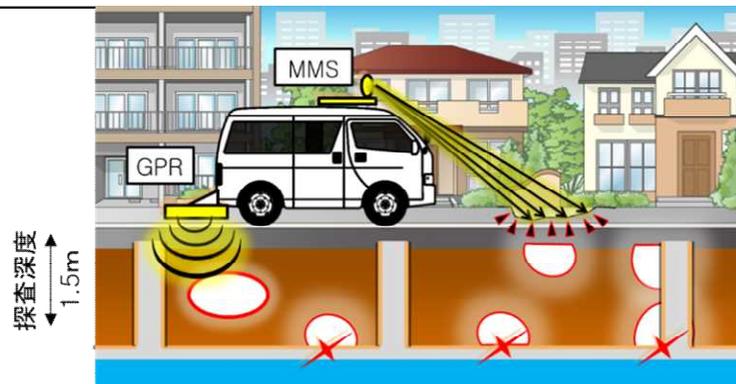
- 下水道管不具合と路面変状等の因果関係の確認
- 類似技術の適用可否の確認
- 必要精度やコスト等の確認

## 総プロ終了後に実施した内容, 成果

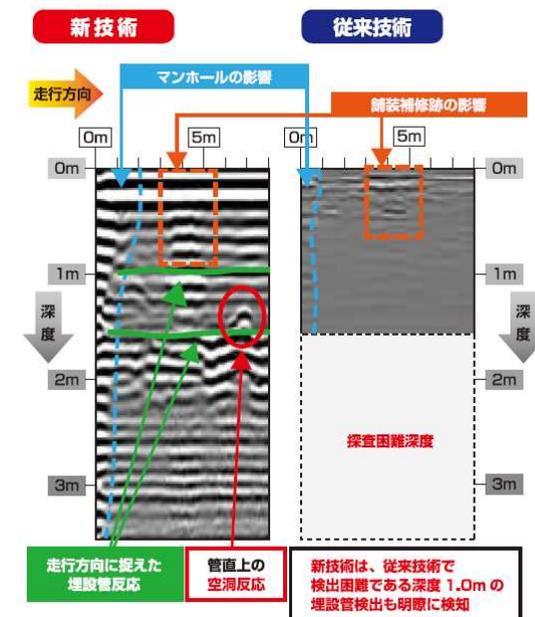
- 実務に活用すべく B-DASHプロジェクト に研究を引継ぎ、陥没予兆検知が可能な技術を公募し、現場実証を実施中 (H27年度~)

## 今後の方向性

- B-DASHプロジェクトにおける実証の継続とガイドラインの発刊など



MMS及び地中レーダー探査 (GPR) による地下空洞・下水道管不具合の発見イメージ



チャープ式地中レーダー探査の採用により下水管理設深さまでの探査が可能

## 研究成果

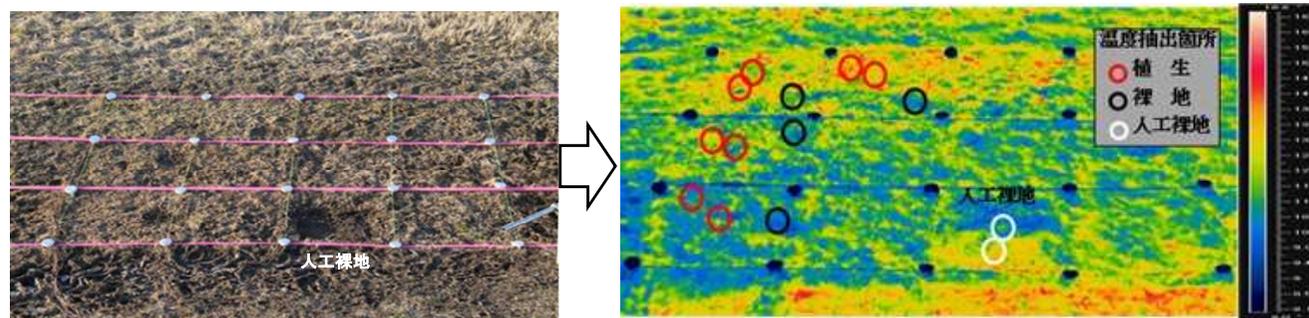
- 河川堤防のり面は、通常、植生で被覆されている状態であることから、日常的な点検手法として赤外線サーモセンサーを活用するのは困難
- 概略点検として目視によって湿潤していると思われる箇所を抽出し、その箇所を裸地が見える程度まで刈り取った上で、サーモセンサーを用いて湿潤範囲を定量的に調べるといった詳細点検としての活用が想定される



## 今後の方向性

- 単独での活用は難しいため、他の点検・巡視の定量的評価等と合わせ、河川堤防の予防保全に向けた検討を実施。

## 赤外線サーモセンサーによる温度検出



研究成果

- 大規模地震による被災事例分析を行い、検知すべき監視箇所と検知レベルを設定（5cm以上）
- カメラの撮影画像を用いた画像処理システムを試作し、相対変位の計測及びGPSによる絶対位置計測の検証実験を実施
- これらを組み合わせた監視・変状探知技術のシステムアルゴリズムを開発

成果を実務へ反映する上で残されていた課題

- 画像処理システムと既設の道路管理システムとの適合性の確認が必要
- 画像処理システムが自動で取り込める画像は地方整備局で利用しているCCTVの画像のみであり、市販WEBカメラの画像を取り込むことができません、汎用性が課題
- 画像処理システムは、1台のPCに対して1台のカメラでしかターゲット変位量の自動処理ができない

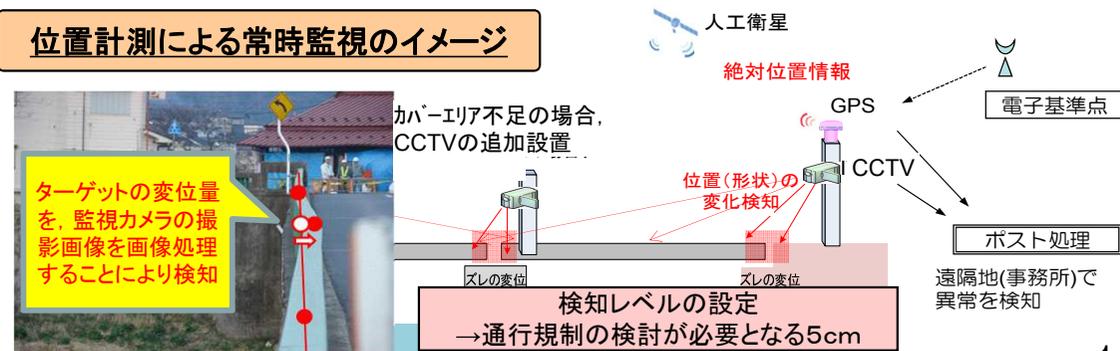
総プロ終了後に実施した内容、成果

- 東京国道管内の橋梁において画像処理システムを試行し、既設の道路管理システムとの適合性を確認
- 画像処理システムのプログラムを改良（市販WEBカメラ対応、ターゲット変位量の自動処理）
- 常陸河川国道管内で橋脚に損傷が確認された実橋の監視に画像処理システムを活用

今後の方向性

- 国総研開発のプログラムの道路管理者における活用、及び産学における更なる開発を促すため、国総研ホームページ等で画像処理システム等に関する研究資料やプログラムを公表予定

位置計測による常時監視のイメージ



意見	対応状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後は、引き続き開発成果を製品化し、具体のガイドラインや技術指導等へ導入することで適切な維持管理の一層の推進を図ること。</li> <li>・ 本研究で得られた知見を基に、社会インフラの予防保全的管理の在り方を総合的・体系的に整理すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発した技術と類似する民間技術に対して、性能等を評価する他、マニュアル類の整備・反映を並行して実施（下水道分野）</li> <li>・ 試作した画像処理システムを、実際に損傷が確認された実橋の監視に活用（橋梁分野）</li> <li>・ 外壁診断装置を用いた診断手法を定期調査報告における調査方法の一つに位置付け、またこれに対応する形で外壁診断指針を整備・改訂（建築分野）</li> <li>・ 社会インフラの維持管理の持続性を高めるため、プロジェクト研究（H26～27）を実施し、各分野に共通する維持管理マネジメントのあり方・改善手法について検討を実施</li> </ul>

## （参考）事前評価における意見と対応状況

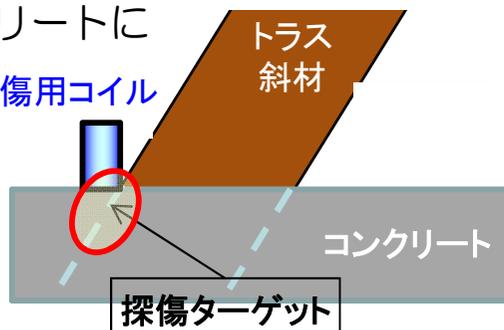
意見	対応状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 補修により、その後の点検が困難になるケースもみられる。補修箇所に対する点検にも留意すること。</li> <li>・ 問題が起きやすく注視すべき場所や、集中的に点検すべき場所等のデータの集積に留意すること。</li> <li>・ どんな技術者でも、点検箇所の劣化状況が評価できるような基準の明確化に留意すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 例えば、成果 I. ①及び I. ②に示す技術は、補修箇所への対応も念頭に組み込んだ研究開発である。</li> <li>・ 公共インフラ施設及び建築施設では、点検データの収集を進めている。また、研究開発においては、それらのデータを分析し、劣化傾向等を把握した上で進めた。</li> <li>・ 現場での利用を前提とした評価基準について整理した。</li> </ul>

# 【参考(研究成果)】 4. コンクリート埋込部の鋼材腐食の診断手法の開発 (I.①)

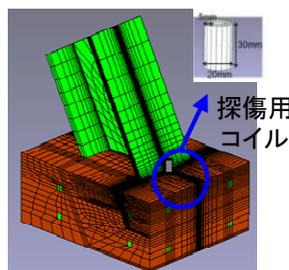
産業分野で利用されている技術を，社会基盤施設の点検・診断技術に応用することにより，直接目視困難な部位（コンクリートに埋め込まれた部位，部材内部，継手内部等）を可視化する手法を開発した

## 渦流探傷法による腐食損傷の検出

- ・動磁場シミュレーションによる解析や実験による探傷法の検討により，複数コイルの同時制御が可能な機器を活用したより詳細な損傷状況の把握を実現した。
- ・開発した手法により，コンクリートに埋め込まれた目視困難な部位について，損傷状況の把握ができることを示した。



- 励磁・検出一体型コイルにより，減肉量に対する検出起電力の変化を確認



- 鋼材（コンクリート埋込部）の表面近傍損傷の検知が可能

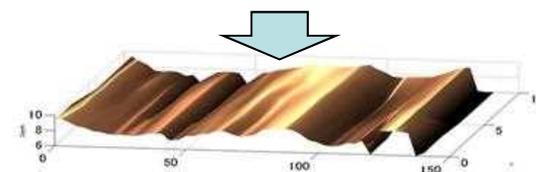
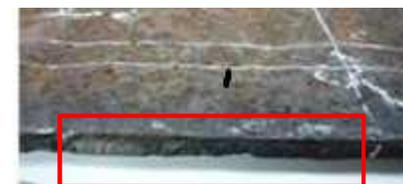
【想定する対象構造物】 トラス斜材（腐食・減厚）



## 超音波フェーズドアレイによる減肉状況把握

面的に配置した複数のプローブから時間差をつけて超音波（ガイド波）を入射し，ターゲットとなる欠陥の探傷精度を上げることにより，平均的な腐食減厚の測定や三次元的損傷の検出を行うことができる超音波探傷手法を構築した。

- 腐食損傷範囲の検出が可能となる
- 残存板厚の高精度検出が可能となる
- 【想定する対象構造物】 鋼部材全般（内面の腐食・減厚）



現場の実物における検証を実施し，研究成果の定着・普及を図る。

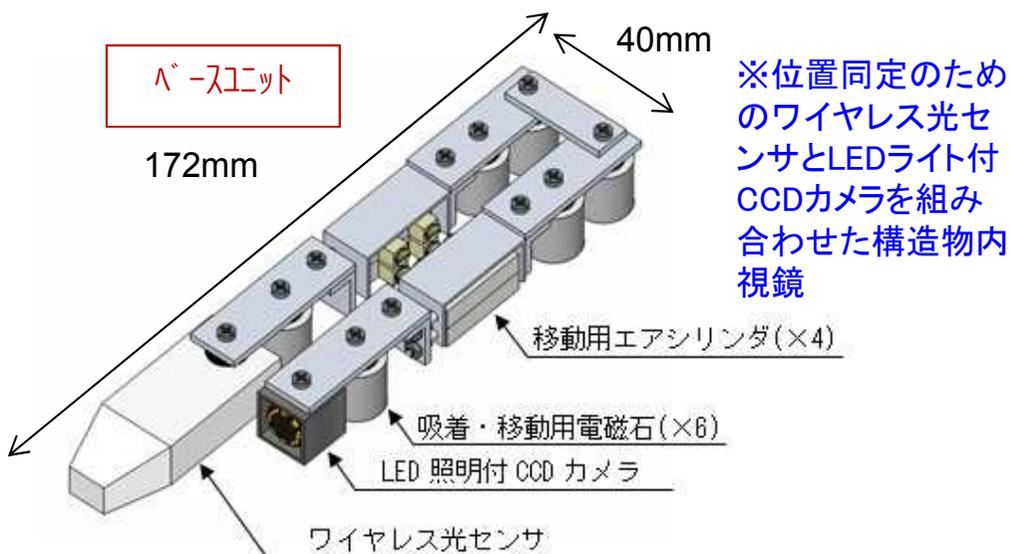
渦流探傷法：性能実験のための供試体暴露実験を実施し，プローブ径23mmで，かつ周波数10kHzにおいて腐食損傷が検出しやすいことを確認した。

超音波フェーズドアレイ：データ処理方法を工夫することにより，損傷状況を三次元的に画像化し把握することを可能とした。

# 【参考(研究成果)】 5. 箱桁内部等の狭隘部の診断手法の開発(1.②)

鋼橋の腐食事例の調査結果によると、直接目に見えない部位における腐食の発生、進行事例も多い。箱桁閉断面内部や鋼トラス橋格子点の腐食は診るべき重要な部分と考えられる。

狭隘な部分などに進入可能な小型の点検ロボットを開発



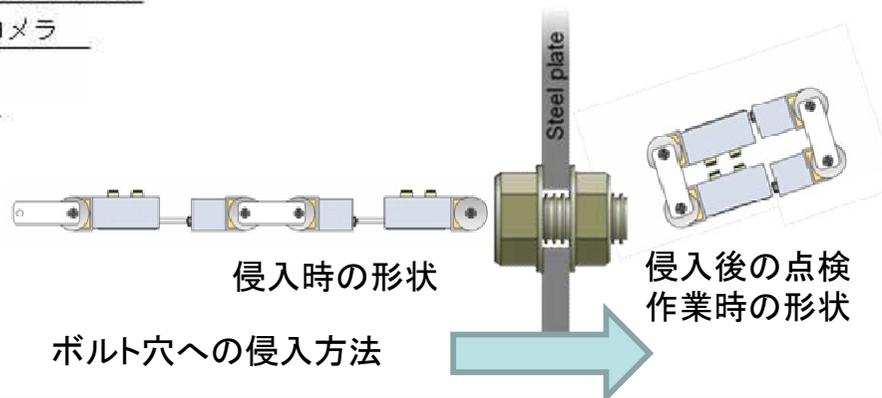
実験に使用した箱桁モデル



構造物内視鏡により取得した箱桁モデル内部画像



構造物内視鏡(上面)



現場の実物における検証を行い、研究成果の定着・普及を図る。

錆を発生させた鋼製箱型モデルにおいて、以下を実証できた。

- ボルト径寸法孔（径22mm）から侵入し、コイルやエアシリンダーの制御により、任意角度の部材での移動が可能。
- 内視鏡による箱内の錆状況の画像取得、ワイヤレス光センサーにより観察位置の把握が可能

# 【参考(研究成果)】 6. 外壁の遠隔診断手法の開発 (I. ③) 床下木質部材の劣化診断手法の開発 (I. ⑥)

- ・ 建築基準法第12条で、竣工後もしくは大規模改修後10年を経過した建築物の外壁について、打診等による調査報告が義務付けられた。(平成20年)
- ・ 躯体にモルタルやタイルなどで仕上げをしたものが落下し、死亡事故に至った例がある。
- ・ 建築所有者にとって、足場の設置は経済的に点検診断の際の大きな負担となる(足場設置費用が調査費の半分を占めることもある)。また比較的古い木造建築住宅では、床下空間が十分確保されていない。

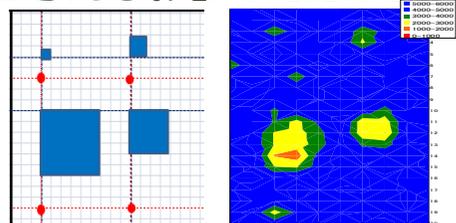
## 壁面を自走する外壁診断装置 (I. ③)

高所など、人が容易に近づけない外壁面での検査診断を行うための外壁診断装置(自走式)を開発

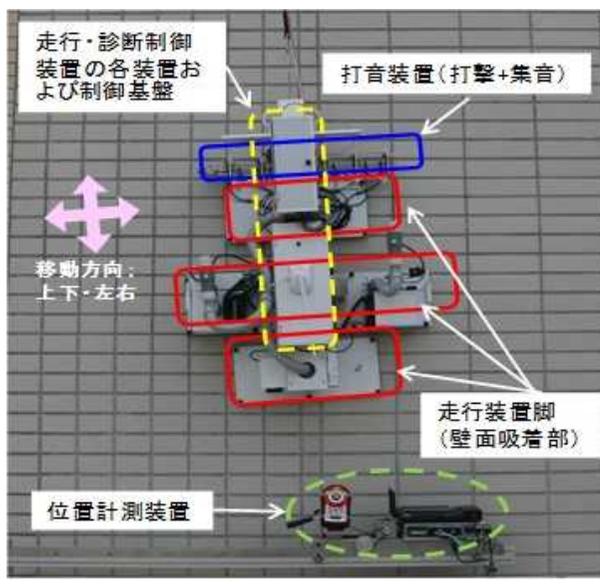
①走行装置, ②打音装置, ③走行及び打音装置の動作制御装置(制御基盤含む)の3つの部分で構成

実大外壁模型において以下の確認検証ができた。

- 障害物(鉛直・水平)の回避
- 探査速度10~20m<sup>2</sup>/h(足場+人間の診断速度相当)
- ブローポンプが打診精度に与える影響の対応が課題。



模擬空洞(左,1マス5cm)と診断結果(右)



## 木造建築物の床下劣化診断装置 (I. ⑥)

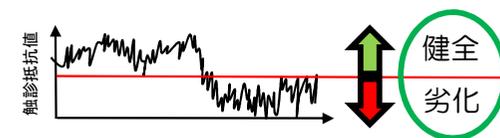
高さ約30cm以上の床下自走式劣化診断装置を開発。以下の有効性, 実用性について検証。

- 部材の画像撮影, 貫入抵抗の測定による腐朽・蟻害診断, 木質部材の含水率測定により部材内部の生物劣化を総合的に診断できる
- 診断センサー部の回転による部材軸方向の連続診断機能, 障害の物乗り越え機能を備える
- サンプルの採取が可能
- 診断データの保存が可能



触診抵抗値のデジタル化・劣化判定のしきい値の特定

数値化



外壁診断装置：実建物を用いて実用化に向けた検証を実施。

床下劣化診断装置：現場における実証を重ね、定期点検の一手法として、長期優良住宅の認定基準に関する解説書への記載可能性を検討している。

下水道管に起因する道路陥没が年4千件発生。一方、下水道管の年間調査延長は総延長の約1%と低い状況。そのため、予防保全のための効率的な管路内調査手法が求められている。

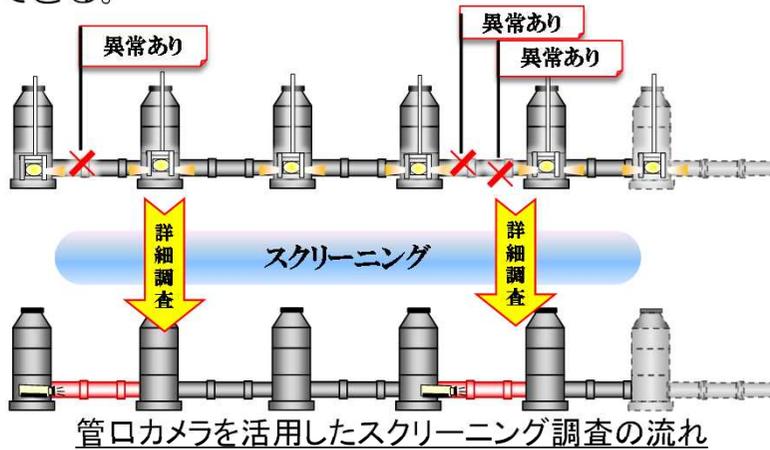
### 管口カメラを活用した下水道管内スクリーニング調査手法

地上からビデオカメラをマンホール内に挿入し、管内の状況を撮影する管口カメラ調査（簡易調査）手法を検討した。  
 大きな異常を有する下水道管をスクリーニングすることにより、安全かつ安価で短期間に多くの管きょを調査できる。



管口カメラ

伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトをつけた調査機器



管口カメラを活用したスクリーニング調査の流れ

- マンホールから3m以内であれば、Aランク（重度）、Bランク（中度）の損傷は管口カメラにより概ね視認できる。
- 試算結果より管路の経過年数が10～30年であれば、TVカメラによる詳細調査のみの場合よりも経済的に優位であることを確認。

### 高精度GPS移動計測装置（MMS）を用いた下水道管起因道路陥没の予兆発見手法

管内を走行するTVカメラ車では、管外周部の空洞は発見不可能。路面変状や空洞探査により道路陥没の予兆現象を捕捉。



高精度GPS移動計測装置

道路陥没による人身・物損事故を未然防止

高精度GPS移動計測装置（MMS）を使用して経時的な路面の変状傾向を把握し、道路が陥没する前に下水道管の不具合を察知する技術。国総研と（株）環境総合テクノスが共同で、本技術を用いた調査手法を開発し、試験計測を実施。

定期的な路面計測により、陥没直前に発生する10～20mm前後の急激な陥没予兆を発見できることを確認

○今後の取り組み

維持管理指針に記載すべく、データの蓄積を図るとともに、判定基準や計測間隔等について検討を進める

スクリーニング調査手法：経過年数の少ない下水道管における経済的優位性を確認。研究成果を管渠マネジメントシステム技術として取りまとめ、技術ガイドラインとして公表（H26年度）。

MMS調査：路面形状の経時変化から陥没箇所を事前に察知し、下水道管の致命的な損傷の回避に活用

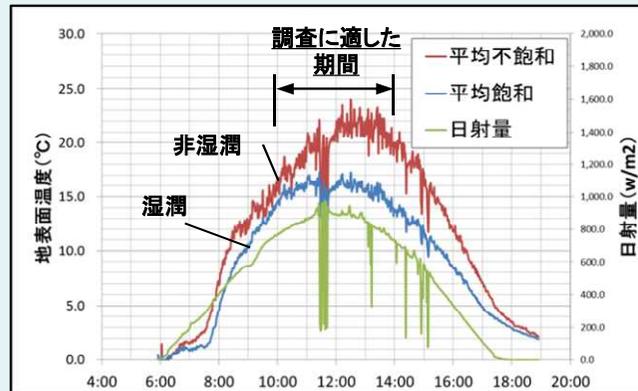
＜目的＞赤外線サーモセンサーを活用し堤防湿潤部の範囲を定量的に把握する点検・診断技術及び評価基準を開発

## ■適用上の課題と結果

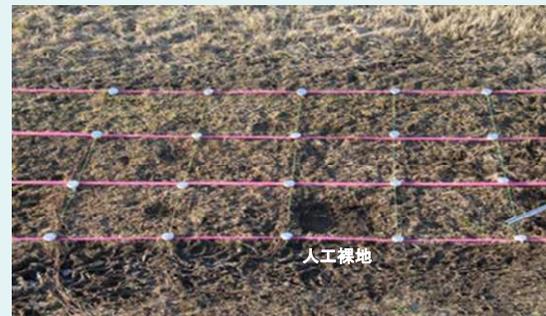
- ① 河川堤防のり面の浸潤部が低温部として検出可能か  
⇒ 湿潤・非湿潤で温度差が生じ湿潤部の検出が可能
- ② 堤防土質の不均質さの検出温度の影響  
⇒ 土質の違いによる温度変化の違いがあり、細粒質ほど温度上昇しにくい結果が得られた
- ③ 堤防のり面に繁茂する植生の影響  
⇒ 堤防のり面の植生は、裸地部に比べ相対的に温度が高い。植生に覆われると、植生で日射供給が遮断され、のり面浸潤状況に応じた温度変化とならず、検出が困難となる。
- ④ 調査のタイミングなど河川堤防点検への適用性  
⇒ 地表面温度は日射量に大きく左右され、数分間程度の日射量の低減でも地表面温度が敏感に応答する。また、地表面温度の回復にも時間を要する(日射量低減時間4分間に対して地表面温度回復に要した時間は11~18分間)。調査のタイミングは、日射の供給が多い12:00付近を中心とした時間帯が望ましい。

## ■検討内容

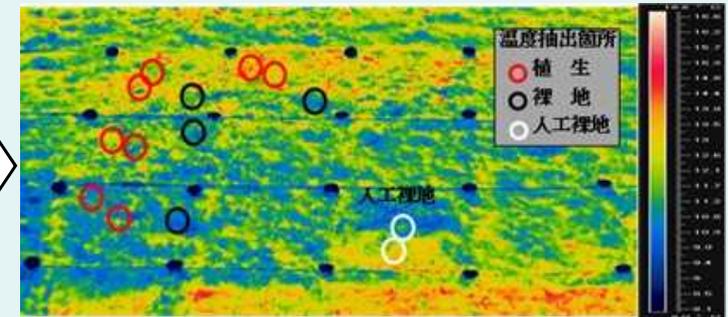
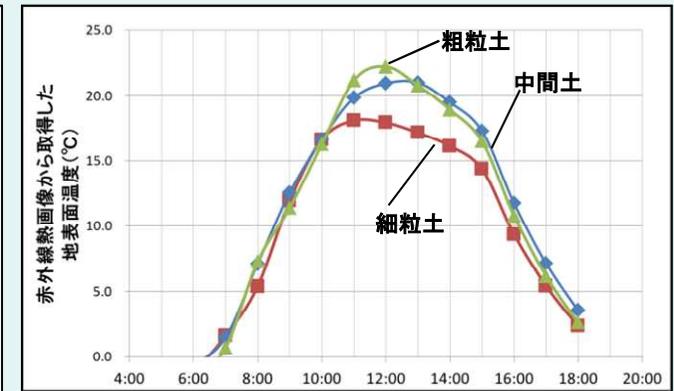
◆検出可能な温度差の確認、調査のタイミングの検討⇒課題①、④



◆堤防植生の影響を把握⇒課題③



◆土質の違いによる温度変化の違いを把握⇒課題②



## ■実用化に対する結論

河川堤防のり面は、通常、植生で被覆されている状態であることから、**日常的な点検手法として赤外線サーモセンサーを活用するのは困難**。概略点検として目視によって湿潤していると思われる箇所を抽出し、その箇所を裸地が見える程度まで刈り取った上で、サーモセンサーを用いて湿潤範囲を定量的に調べるといった詳細点検としての活用が想定される。

# 【参考(研究成果)】 9. 位置計測による構造物の監視・変状探知手法の開発(Ⅱ. ②)

## ■研究課題設定の考え方

- 突発的で致命的な損傷の発生が散見
- 道路構造物の突発的で致命的な損傷も、主にパトロールや通行者等からの通報により把握しているのが現状であり、迅速性が課題

⇒ 早期の対応には、迅速かつ簡便な変状の検知手法、監視システムが必要！

## ■研究の成果

- 大規模地震による被災事例分析を行い、検知すべき監視箇所と検知レベルを設定（5cm以上）
- カメラの撮影画像を用いた画像処理システムを試作し、相対変位の計測及びGPSによる絶対位置計測の検証実験を実施
- これらを組み合わせた監視・変状探知技術のシステムアルゴリズムを開発

## ■成果の活用方針

- 道路管理実務における試行
- 試行結果を踏まえたシステム等の改良

### 突発的で致命的な損傷の発生



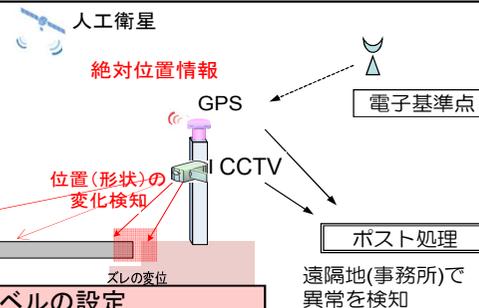
桁端部での損傷による段差発生が最多  
(橋台背面の沈下、支承・伸縮装置の破損)

### 位置計測による常時監視のイメージ



ターゲットの変位量を、監視カメラの撮影画像を画像処理することにより検知

カバーエリア不足の場合、CCTVの追加設置



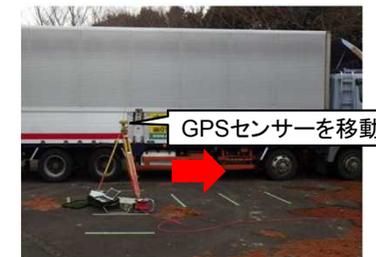
### 画像処理システムの検証実験(国総研敷地内道路)

⇒試作したシステムの計測精度・適用性を把握



### GPSセンサーの検証実験(受託者研究所敷地内)

⇒GPSセンサーによる計測精度・適用性を把握



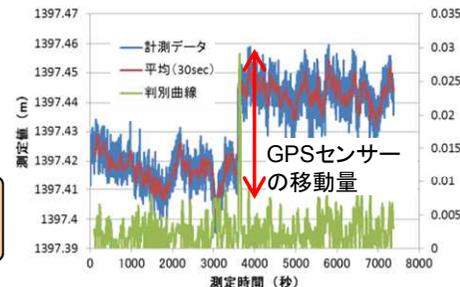
### ■カメラ別のターゲット変位量(5cm)の検知結果 ※スムース無し

カメラからターゲットまでの距離 ターゲットの変位方向	8m			12m			20m			30m		
	横方向	高さ方向	橋軸方向									
道路管理用カメラ相当 ※1 38万画素(640×480ピクセル)	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
ハイビジョンビデオカメラ 665万画素(1,440×1,088ピクセル)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×
デジタルカメラ 1680万画素(4,608×3,456ピクセル)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×

※1--- デジタルカメラ画像を一般的な道路管理用CCTVカメラ相当に変換した画像

### 画像処理システムの試行(一般国道6号言問橋)

⇒本システムについて、既設道路管理設備との互換性、実効性を確認！



追跡調査結果

研究開発課題名	社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発
研究開発の概要	<p>社会資本の予防保全的管理を推進するためには、劣化や損傷あるいは変状の状態について、精度良くかつ効率的に検知可能な点検・監視手法の構築が必要となる。そこで本技術開発では、これまで損傷が相当進行し表面上に現れてから把握され、あるいは空間的制約により適切な頻度・方法での検査が実施されていない、構造物の埋込部、狭隘部、高所、閉所等の目視困難な場所の点検を可能とする技術、及び人海戦術や目視のみで把握していた変状を効率的かつ確実に検知することが可能となる技術の開発を行った。</p> <p>【研究期間：平成22～24年度 研究費総額：約407百万円】</p>
研究開発の目的 (アウトプット指標、アウトカム指標)	<p>これまでの「見えるところを見る」から「診るべきところを診る」へ点検・監視手法を転換させ、点検の効率化や実施率向上を図るため、①構造物の目視困難な部位を対象とした迅速・簡便で汎用性の高い点検・検査技術、及び②目視では評価が困難な構造物の変状を検知する技術を開発することを目的とする。</p>
波及効果や副次的効果等	<p>【波及効果や副次的効果等】</p> <p>測定機器の要求性能、評価基準の開発、実験フィールドの設定は官、数値化・解析手法の検証は官学共同、測定部の装置製作、検査機器の移動技術や制御技術については民が有する技術開発能力を活用するなど、産学官が適切に役割分担し効率的に研究開発を進めた結果、当初目標とした成果を概ね得ることができた。</p> <p>本技術開発の実施後、開発した技術と類似する民間技術の性能等を評価する他、マニュアル類の整備・反映が検討・実施（「下水道維持管理指針」等）されている。また、画像処理システムの橋梁監視への活用など、成果の実現場への活用が図られているとともに、さらなる性能向上を目指した技術開発が実施された（コンクリート埋込部の鋼材腐食の診断手法等）。</p>
外部評価の結果	<p>本技術開発の成果として得られた要素技術が法令改正に結びつき技術開発の基盤を作ったことで、ビジネス業界での関心を高め、各分野での研究や技術開発を活性化させたことは、社会的な意義があったと評価できる。ただし、それぞれの要素技術については概念検証の性格が強いものが多く、また、個別並行に開発されており統合化が不十分なため、センシングや点検技術の進歩に合わせた民間主体の研究開発を行うことで、現状だけでなく将来的な変化の可能性も考慮した「予防保全」に関する「総合技術」としての実用化に向けて、さらなる工夫をして頂きたい。</p> <p>&lt;外部評価委員会委員一覧&gt;（平成29年3月3日、建設技術研究開発評価委員会）</p> <p>委員長 道奥 康治（法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 教授）</p> <p>副委員長 野城 智也（東京大学 生産技術研究所 教授）</p> <p>委員 加藤 信介（東京大学 生産技術研究所 第5部 教授）</p> <p>〃 清水 英範（東京大学 大学院 工学系研究科 教授）</p> <p>〃 田中 哮義（京都大学 名誉教授）</p> <p>〃 二羽 淳一郎（東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授）</p> <p>〃 平田 京子（日本女子大学 家政学部 住居学科 教授）</p> <p>〃 本橋 健司（芝浦工業大学 工学部 建築工学科 教授）</p> <p>〃 安田 進（東京電機大学 理工学部 建築/都市環境学系 教授）</p> <p>〃 山口 栄輝（九州工業大学 大学院 工学研究院 建設社会工学研究系 教授）</p>
新規課題に向けた改善等	<p>日進月歩で進化するセンサー等の新技術や、同じ問題意識を持つ他の研究機関の成果等も組み入れながら、継続的に技術開発を行うことが必要であり、その成果として、点検・補修等の維持管理全体を設計段階から考慮した施設整備できるようなガイドライン等が整理され、広く実用化されることが望ましい。</p>