



# インフラ維持管理・更新・マネジメント技術



提供:大月市消防本部



画像提供元:三陽技術コンサルタンツ株式会社



画像提供元:国立研究開発法人土木研究所



画像提供元:田中シビルテック株式会社

インフラの安全・安心をテクノロジーで実現する



画像提供元:国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所



画像提供元:国土交通省近畿地方整備局 道路部



画像提供元:三井住友建設株式会社



画像提供元:国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所

# 「インフラ維持管理・更新・マネジ

挨拶

## 安全安心なインフラシステムを目指す

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)は、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するものとして創設されました。府省・分野横断型プログラムとして、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて推進します。その課題の一つが「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(以下、「SIPインフラ」という。)です。

私たちの生活や社会経済活動は、道路・鉄道・港湾・空港などの社会インフラが支えています。しかし、その多くが高度成長経済期に建設されており、高齢化につれて重大事故の発生可能性とともに維持補修費の増大が大きな社会的課題となっています。本プログラムでは、世界最先端の情報技術やロボット技術を活用し、システム化されたインフラマネジメントを構築することで、事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担減を図ることを目標とします。

インフラストラクチャは自動車やノートPCのような大量生産品とは違って、一つ一つを設計し、施工・製作する単品製品です。作られたときの初期状態も異なれば、使用環境が違うことも加わって劣化のスピードも異なります。何十年も使い続けていれば、中には痛んで事故の危険性が高いものも出てきます。したがって、無駄のない、効率的なインフラの予防保全マネジメント

トを可能にし、安全安心なインフラシステムを確立するためには、膨大な数・量のインフラ一つ一つを現場で丁寧に診て、的確な診断、措置ができる技術が絶対に必要なのです。人手に頼る作業を極力なくす、危険な作業からの解放なども重要です。地方自治体が管理するインフラのマネジメントには低コスト化も特に重要な視点です。アジアでは現在、インフラの建設が盛んですが、すでに維持管理が大きな問題になってきています。具体的には、インフラ点検へのロボットの支援・代替、現場でできるコンクリート内部の損傷検知、移動型センシングによる交通規制を伴わないトンネルや橋の点検、河川堤防・ダムや港湾等の変状変形を空から検知する技術、コンクリートの高精度劣化予測技術、超高耐久性補修材料の開発、ビッグデータ処理による効率的なインフラマネジメント技術、AI、等々、新しいわくわくするような先端技術をインフラマネジメント技術に入れ込み、仕上げていく、これが「SIPインフラ」の狙うところ です。

わが国のインフラストックは、800兆円を越えているといわれています。インフラは何十年

に亘って使うものです。インフラの情報プラットフォームを構築して、次の世代に、少ない維持管理の負担で安心して使えるインフラを受け渡すことが、我々の未来への責務なのです。「SIPインフラ」はそのシステムの確立を目標に頑張ります。



PD(プログラムディレクター)  
**藤野 陽三**  
横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授

### プロフィール

1972年東京大学工学部土木工学科卒業、同修士を経て、76年ウォータール大学博士課程修了(Ph.D)。東京大学地震研究所、筑波大学構造工学系、東京大学工学部土木工学科を経て、90年同教授。2014年より横浜国立大学に勤務、同年10月より現職。東京大学名誉教授。専門は橋梁を中心としたインフラの構造・振動・制御・モニタリング。2007年紫綬褒章、2015年報公賞(服部報公会)などを受賞。

## 概要

インフラの高齢化が進む我が国では、2012年の笹子トンネル事故のような重大な事故リスクの顕在化や、維持修繕費の増大が懸念されています。厳しい財政状況が続き、熟練技術者の減少が進むなか、予防保全による事故の未然防止とインフラのライフサイクルコストの最小化を実現するには、新技術を活用しシステム化されたインフラマネジメントが必須です。特に、世界最先端のICRT\*を活用した技術は、従来のインフラ維持管理市場に新たなビジネスチャンスを生み出すとともに、同様の課題に向き合うアジア諸国へのビジネス展開の可能性につながると期待されます。これらの実現のために、インフラの維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチングを重視し、現場で使える新しい技術をさらに使いたくなる形へと展開させ、予防保全による維持管理水準の向上を低コストで実現していきます。これ

により、国内重要インフラを高い維持管理水準に保ち、地域におけるさまざまな経済活動を下支えるだけでなく、地域の活性化に貢献することを

目標としていきます。さらに、地域での成功例をもとに、魅力ある継続的な維持管理市場を創造し、海外展開の礎を築くことも視野に入れていきます。

内閣府PD  
(藤野 陽三)

■予算規模：2016年度 31.0億円  
■実施期間：2014年度より5年間

### サブPD

- ・浅間 一 東京大学教授
- ・岡田 有策 慶應義塾大学教授
- ・坂本 好謙 鹿島建設常務執行役員
- ・関 雅樹 双葉鉄道工業代表取締役社長
- ・田嶋 忠行 ITSサービス高度化機構理事長
- ・田中 健一 三菱電機役員技監
- ・若原 敏裕 清水建設上席研究員

### SIPインフラ推進委員会

【全体調整等】  
議長：PD  
事務局：内閣府  
委員：サブPD、総務省、  
文部科学省、農林水産省、  
経済産業省、国土交通省、  
JST、NEDO

### プロジェクト推進会議

【研究開発の推進】

議長：PD  
委員：サブPD、専門委員、内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省  
事務局：JST、NEDO  
研究主体：大学、国立研究開発法人、民間企業等

\*ICRT: ICT (Information and Communication Technology) + IRT (Information and Robot Technology)

# 「スマート技術」のご紹介

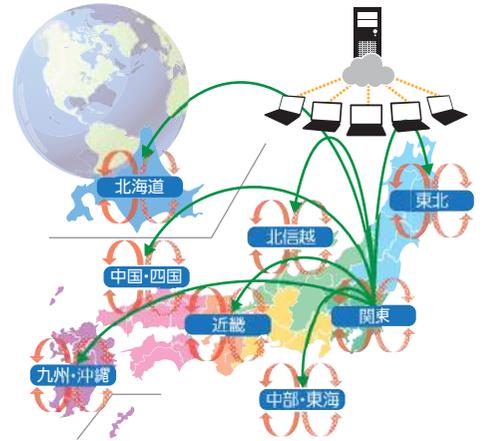
## 全体構想

物流、サービス、観光等の地域活性化の資源の機会損失を最小化するには、道路・鉄道・港湾・空港等のみんなが使う、みんなの財産であるインフラの機能を常に保持できる効率的かつ経済性の高い維持管理・更新・マネジメントの実行が不可欠です。

総額800兆円に達するといわれるインフラの効率的な維持管理・マネジメントを達成するには、以下の点が重要です。

- ・ 土木工学とICT/ロボット技術等を含めた幅広い先端技術分野との連携
- ・ 現場適応を踏まえた技術のアレンジメント
- ・ エンドユーザーのさまざまな状況を踏まえた技術仕様メニュー
- ・ 技術を的確に運用するための組織マネジメントを含む技術経営的視点
- ・ 開発技術の持続的支援体制

これらの実現のためには、各省庁、国立研究所、大学、民間の技術開発の成果に頼るだけでなく、これまでにない連携体制の構築が必要です。さらに、現状のインフラ維持管理における問題を直接的に解決するだけでなく、利用者の安心・レピュテーションといった、インフラが的確に維持管理されることによる新たな価値を社会に提供していく等、関連省庁・自治体を通じ、インフラ維持管理に関する新たな視座をさまざまなユーザー・市民に積極的に展開していかなくてはならないと考えています。



### 世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0)

\*IoT: Internet of Things

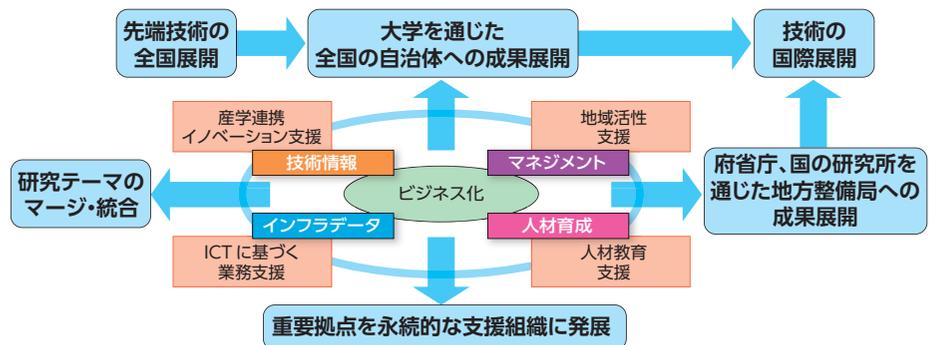
## 出口戦略

インフラ維持管理は、状況、対象、技術等が多岐にわたるため、アセットマネジメントの段階において、個別の開発技術を最適に組み合わせ、運用することを意図しております。一方、IoT等の進展は著しく、モニタリングやロボット、走行車両によるセンシング等の異質な技術をネットワーク化して包含するプラットフォームの構築が急速に現実味を帯びてきており、インフラ維持管理を抜本的に革新する大きな力となっています。こうしたことから、IoTプラットフォーム構築による個別の新たな開発技術の連携を重点的に推進し、アセットマネジメントとIoTプラットフォームとの両輪によって技術の統合を進めるスキームへの発展を図ります。

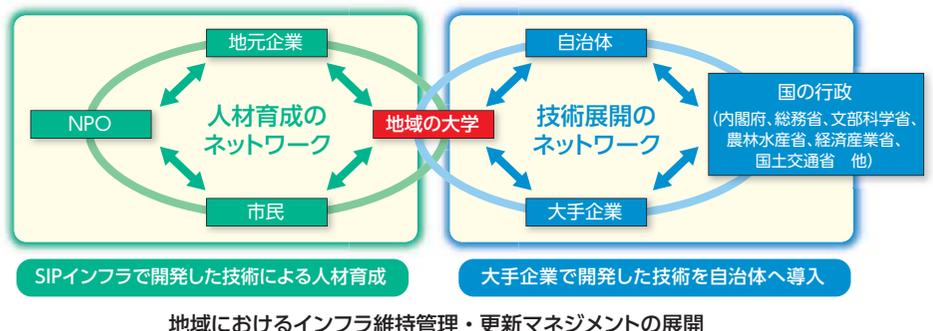
出口戦略の拠点としては、中心となる大学、地域拠点大学、国立研究所、農林水産省、国土交通省および自治体等との連携を積極的に行い、これまでにないインフラ関連研究のフレームワークを構築する予定です。具体的には、「個別テーマ独自の技術展開」、「地域の大学を通じた自治体へのビジネス展開」、「国の研究機関を通じた国の行政機関へ向けたビジネス展開」、「持続的な業界支援組織体制の確立」、「技術輸出、国際展開」等のビジネス展開パターンを検討しています。なかでも、【地域の特性にあわせたオー

ダーメイド型技術実装支援】に重点を置き、拠点機関による技術支援体制、資金支援体制、自治体における各種技術の定着および持続支援等の検討を行ってまいります。またレピュテーション

マネジメントに基づく技術戦略プランを構築し、地域活性化に資するビジネスモデルをビジネス環境の整備と併せて具体化していく予定です。



### SIP インフラ維持管理・更新・マネジメントにおける出口戦略の基本





大学等



府省庁横断的研究

インフラ維持  
管理に必要な

5つの

研究開発  
項目

構造材料・  
劣化機構・  
補修・  
補強技術

構造材料の劣化機構をシミュレーションし、構造体の劣化進展予測システムを構築

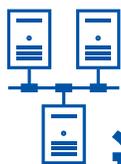


点検・  
モニタリング・  
診断技術

インフラの損傷度等をデータで把握する効率的で効果的な点検、モニタリングを実現

アセット  
マネジメント  
技術

個々の研究成果をインフラマネジメントに実装させながら、効率的な維持管理が達成される仕組みや技術を開発



情報・  
通信技術

インフラの維持管理・更新・補修に関するビッグデータのマネジメント技術を開発

ロボット技術  
(点検、災害対応用等)

効率的・効果的な点検・診断等を行うロボットや災害現場でも調査・施工可能なロボットを開発



企業



各省庁  
施策

国内外のインフラへの実装



橋梁(2m以上)



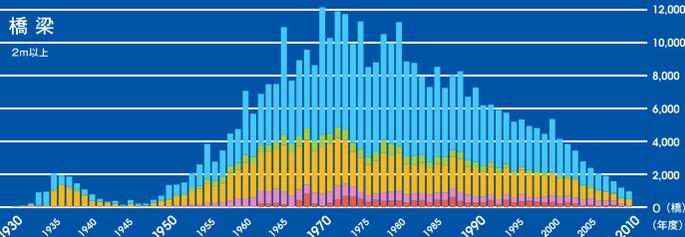
50年経過施設の割合推移



トンネル

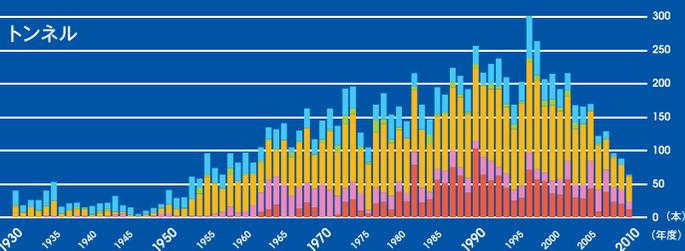


建築年度不明を除く  
出典：国土交通省資料を元に作図



建設年度別施設数

市区町村 政令市 都道府県 国 高速道路会社

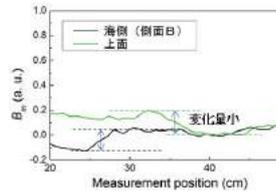
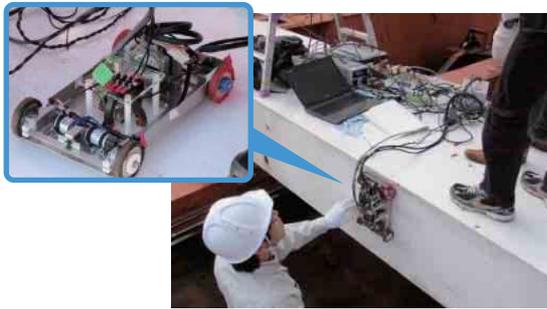


# 点検・モニタリング・診断技術

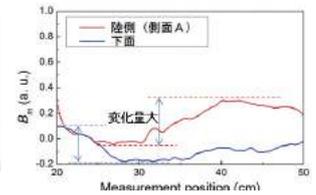


インフラの損傷度等を把握する点検・モニタリング・診断技術を開発します。高感度磁気非破壊検査、高速走行型非接触レーダーによる内部欠陥点検技術と統合型診断システム、高感度近赤外分光を用いた遠隔診断技術、簡易舗装点検システム、車載型地中探査レーダーによる床版劣化探知、衛星SAR(Synthetic Aperture Radar)によるインフラの変位モニタリング手法等に取り組みます。

## ●インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査

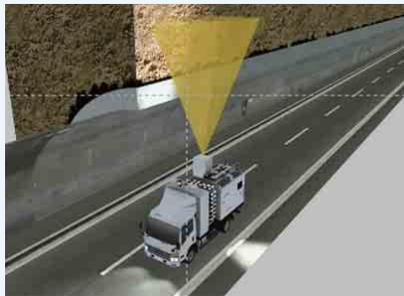


内部腐食が少ない

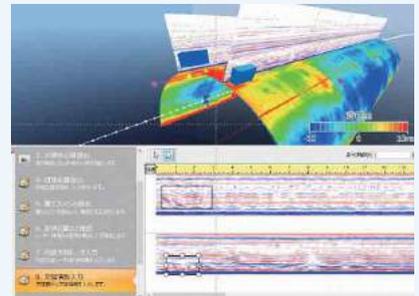
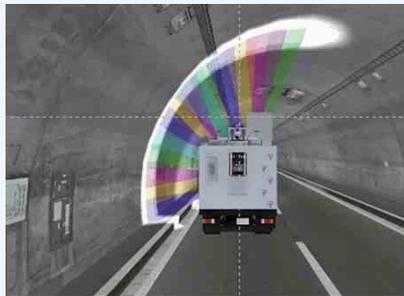


内部腐食が大きい

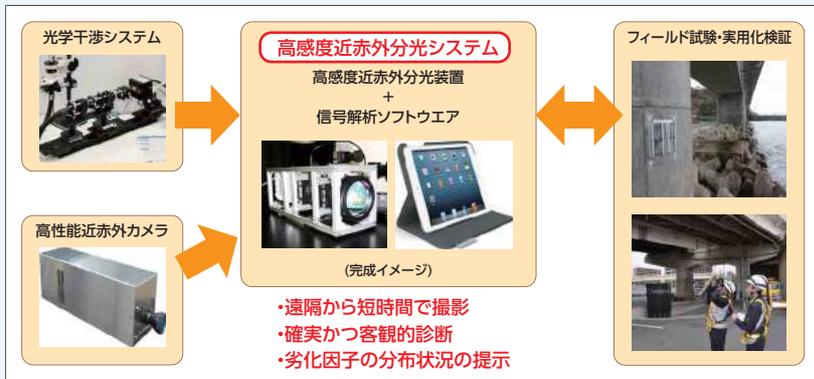
## ●高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム



非接触レーダーによる点検・診断のイメージ図



## ●高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術



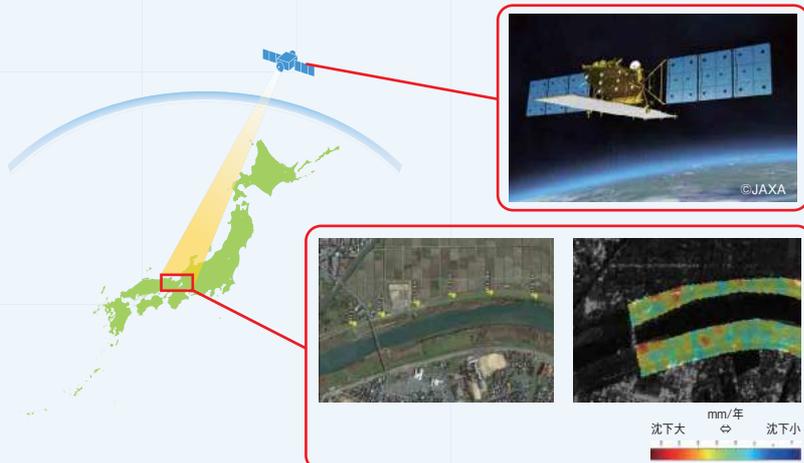
遠方から短時間かつ安価にコンクリート劣化成分の分析ができる近赤外イメージング技術

## ●空港管理車両を活用した簡易舗装点検システム



空港滑走路でのモニタリング現場実証の状況

## ●衛星SAR\*1によるインフラの変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法



衛星SAR技術を使った現場検証の取り組み

\*1 SAR: Synthetic Aperture Radar (合成開口レーダー)

## ●車載型地中探査レーダーによる床版劣化探知



車載型高速スキャンレーダーによる床版内部の診断

# 構造材料・劣化機構・補修・補強技術



構造材料の劣化機構に対するシミュレーション技術を開発し、構造体の劣化進展予測システムを構築します。インフラ構造材料研究拠点の構築による構造物劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発、超耐久性コンクリートを用いたプレキャスト部材の製品化と社会実装等に取り組みます。

## ●構造物劣化機構の解明と効率的維持管理

通常の炭素鋼と耐食鋼との2年間暴露結果の比較  
(伊良部大橋にて)



炭素鋼  
腐食ひび割れが発生

耐食鋼  
腐食ひび割れなし

ASR\*劣化させたPC試験桁の暴露試験



フライアッシュ混入あり



フライアッシュ混入なし

\*2 ASR:アルカリシリカ反応

## ●高耐久化を実現するプレキャスト製品

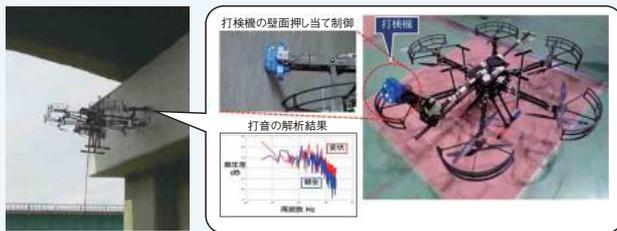
細骨材	耐塩害性	耐凍害性	複合劣化
従来品 (砕砂)	EPMA(電子線マイクロアナライザ)による表面からの塩化物イオンの浸透深さと濃度解析写真 		
開発品 (高炉スラグ)	EPMA(電子線マイクロアナライザ)による表面からの塩化物イオンの浸透深さと濃度解析写真 		
	<b>5倍</b> 塩化物イオンの浸透深さは5分の1	<b>5倍</b> 60⇒300 サイクル以上	<b>300</b> サイクル以上

# ロボット技術 (点検、災害対応用等)

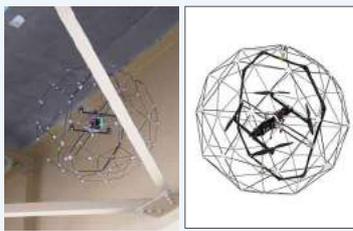


橋梁・トンネル等の社会インフラ等を、安全で経済的に点検するために、各種ロボット開発を実施しています。また、ロボット技術の導入に適するインフラ構造の検討やロボット技術の有効的な活用のために情報を一元的に管理するデータベース構築も同時に進めています。これらにより、インフラ維持管理におけるロボットの社会実装を目指します。

## ●橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステム



打音点検マルチコプタ



受動回転球殻マルチコプタ

## ●遠隔操作による半水中作業ロボット



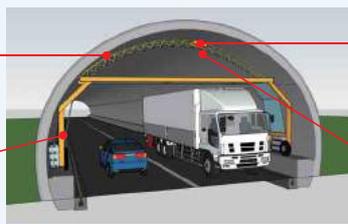
半水中環境での無人化施工のための運搬ロボット

## ●トンネル全断面点検・診断システム

フレキシブルガイドフレーム



走行ユニット、防護フレーム



交通を阻害しない変形フレーム型点検システム

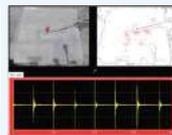
移動機構



打音・ひび割れ検出用センサ

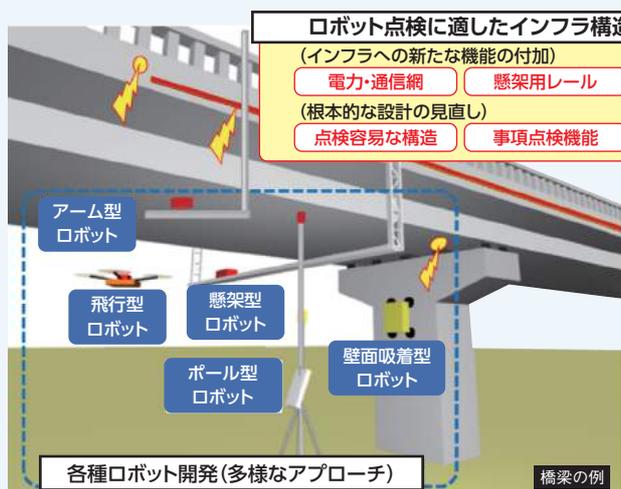


ひび割れ検査システム



打音検査システム

## ●ロボット点検に適したインフラ構造



**ロボット点検に適したインフラ構造**  
(インフラへの新たな機能の付加)  
電力・通信網 懸架用レール 等  
(根本的な設計の見直し)  
点検容易な構造 事項点検機能 等

## ●社会インフラ用ロボット情報一元化システムの構築



# 情報・通信技術



インフラの維持管理や更新、補修に関する膨大な情報を活用するため、情報・通信技術を駆使したデータマネジメント技術を開発します。具体的には、大規模センサ情報統合に基づく路面・橋梁等のスクリーニング技術、多種多様なインフラ管理データの一元管理を実現するデータ管理技術、蓄積データを現場業務で使える形にするデータ分析や可視化技術等の研究開発と積極的な社会実装に取り組みます。

## ●インフラ予防保全のための大規模センサ情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術

iDRIMS<sup>\*3</sup>(iPhone)

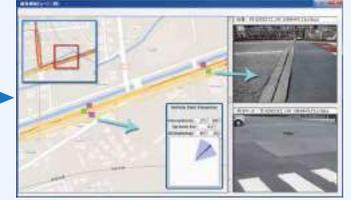


大規模サーバにデータ収集



MAP全体表示

損傷箇所ビューア(例)



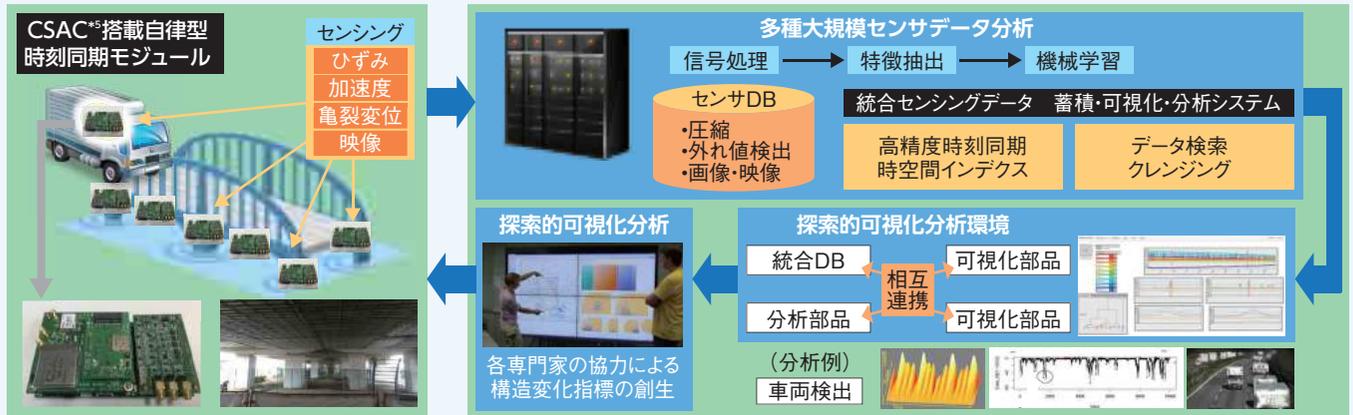
IRI<sup>\*4</sup>ビューアと異常検知ビューアのそれぞれに情報が表示される

\*3 iDRIMS (Measurement): iPhone/iPod touchに搭載された加速度/角速度センサ等を用いて、路面の性状を計測するiOSアプリです。

\*4 IRI: International Roughness Index 乗り心地指標

## ●インフラセンシングデータの統合的データマネジメント基盤

### 道路修復計画支援ツール(道路管理者向け)



\*5 CSAC: チップスケール原子時計 (Chip Scale Atomic Clock)

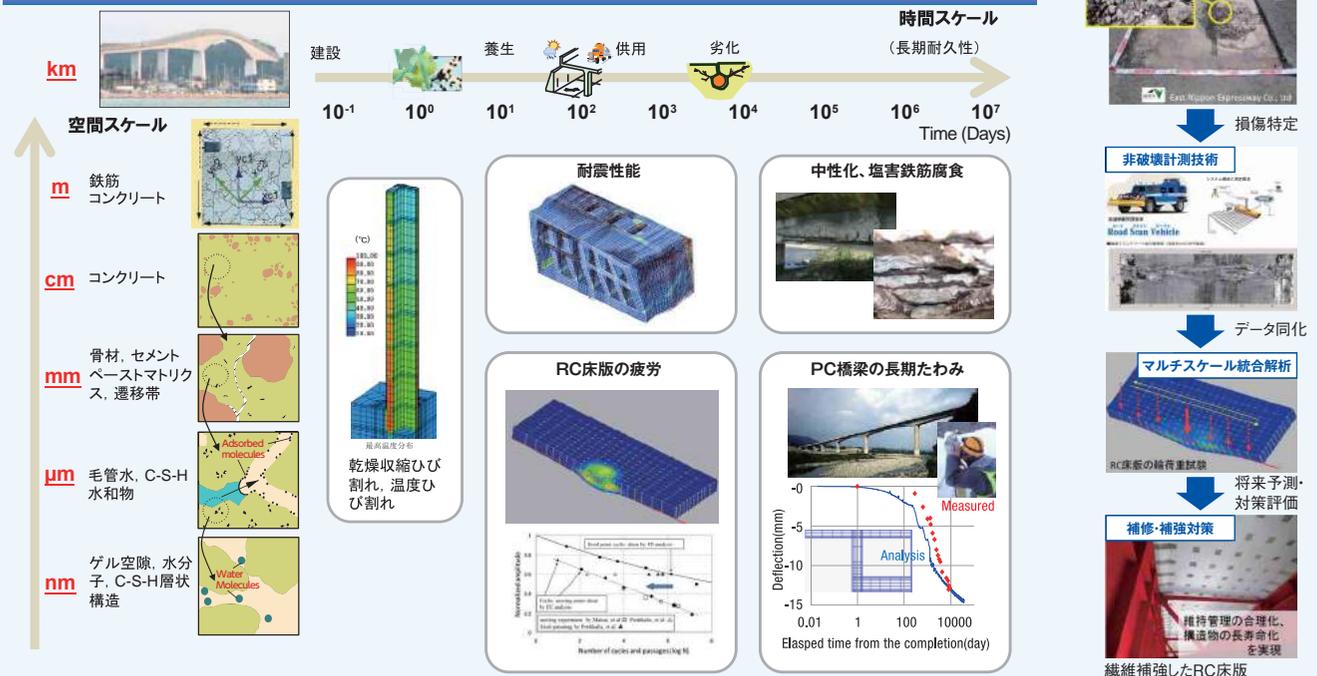
# アセットマネジメント技術

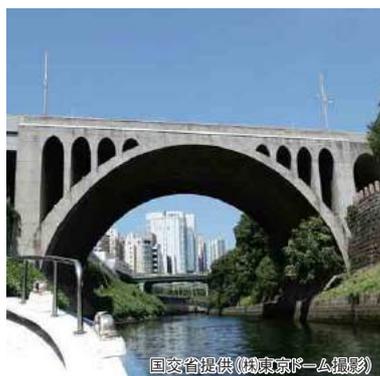


生活や経済の基盤であるインフラを安全に安心して使い続けるために、SIPで開発された技術をインフラ管理者と協力しながら社会実装します。非破壊検査技術、数値解析技術等の最先端技術の開発を行い、主要幹線道等の重要インフラを確実に守ります。また、地方が抱える膨大なインフラを限られた予算で維持管理するために、契約制度や人材教育、民間活用、住民との協働といった視点から、継続性の高い仕組みを提案します。

## ●マルチスケール統合解析と非破壊検査のデータ同化

### Multi-scale modeling and simulation with regard to the space and the time domains





安全で強靱な  
インフラシステムを  
目指して

SIPホームページ(内閣府)  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>

SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」ホームページ(JST)  
<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>