



# 内閣府SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」

藤野 陽三

(横浜国立大学先端科学高等研究院, SIPインフラPD)

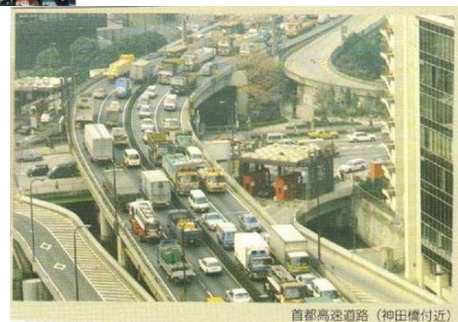


経済・社会の基盤-

国土・都市



社会基盤



首都高速道路 (神田橋付近)



ネットワーク  
を構成

インフラストラクチャ



## 塩野七生(ななみ)さん 歴史作家



『すべての道はローマに通ず  
ローマ人の物語X』2000年

「インフラとは**人間が人間らしい**生活を送るためには  
必要な大事業」

「インフラぐらい、それを成した民族の資質をあらわすものはない」

ローマ人の考えているインフラとは、  
**街道、橋、港**、神殿、広場、劇場、円形闘技場、競技場、公共浴場、  
**水道**等に加え、**安全保障、治安、税制**などのシステムと  
**医療、教育、郵便、通貨**のシステムまで入っている

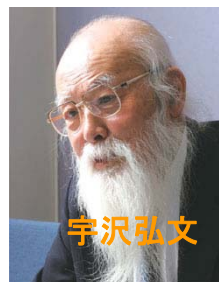
3

## インフラストラクチャ = 「社会的共通資本」

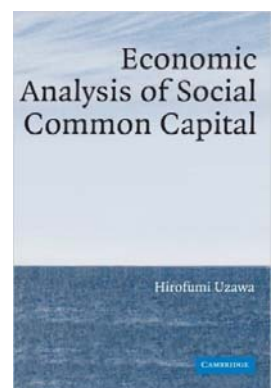
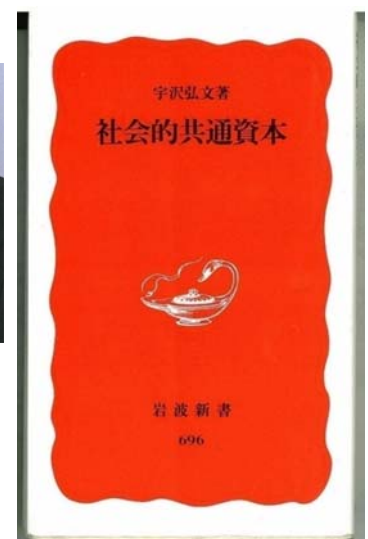
「みんなが使う、みんなのもの」

「公」(官ではない) 対「私」

- **自然環境**    **サイエンス的要素**  
大気, 水, 森林, 河川, 湖沼,  
海洋, 沿岸湿地帯, 土壌, **地震, 雨...**
- **社会的インフラストラクチャー**    **工学**  
道路, 交通機関, 上下水道, 港湾  
電力・ガス    所謂「社会資本」
- **制度資本(システム)**    **社会科学的要素**  
公共政策, **教育**, 医療, 金融, 司法, 行政



宇沢弘文



工学を軸に, 科学も社会科学も守備範囲.  
常に, 自然と社会を見て, 広い視野でことに臨む.



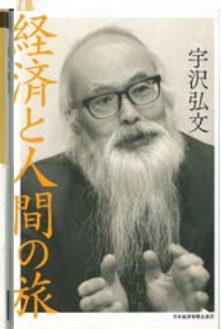
# もともとは数学専攻 経済は独学 渡米 数理経済で業績



Social capitals

Commons コモンズ

市場原理主義だけではうまく行かない。  
市場原理主義に馴染まない



## Inclusive Wealth Report 2012

Measuring progress toward sustainability

宇沢弘文先生が提唱して40年。  
国連大学から  
「GDPではなく、社会的共通資本  
IWIを豊かさの指標に」  
報告書 (2012年)

ケンブリッジ大学  
P. Dasgupta教授編集



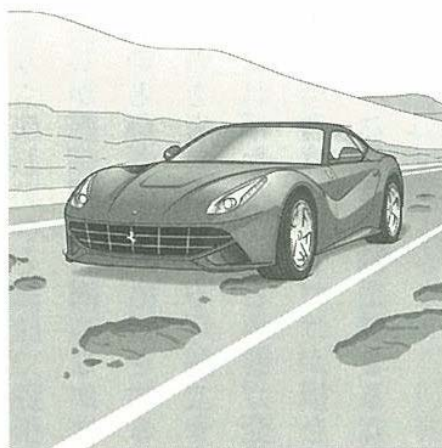
GDP= 消費(現在)+投資(未来)

IWIは未来への富(財)のスケール

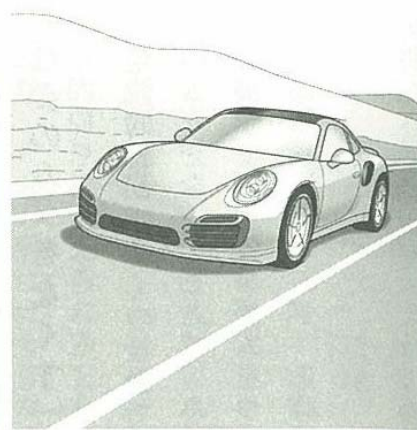
この国にはひとりの力で豊かになった人はいません。あなたは工場を建てたかもしれない。……それはすばらしいことです。製品を出荷するときに使う道路はわたしたちみんなが支払いをしてできたものです。社員として雇用するのは、わたしたちみんなが教育費を負担した人です。工場のなかで安全に過ごせるのは、みんなが支払いをしている警察と消防のおかげです。あなたが工場を建て成功したのはすばらしいことです。これからも続けていただきたい。ですが、社会的契約の基本のひとつは、契約を守り次世代の子どもたちのために恩送りをする<sup>⑧</sup>ことです。

## エリザベス ウォーレン上院議員 2012年の選挙演説 (マサチューセッツ州)

### 社会的共通資本の重要性 (道路, 教育, 警察, 消防)



フェラーリF12ベルリネッタ、\$333,000

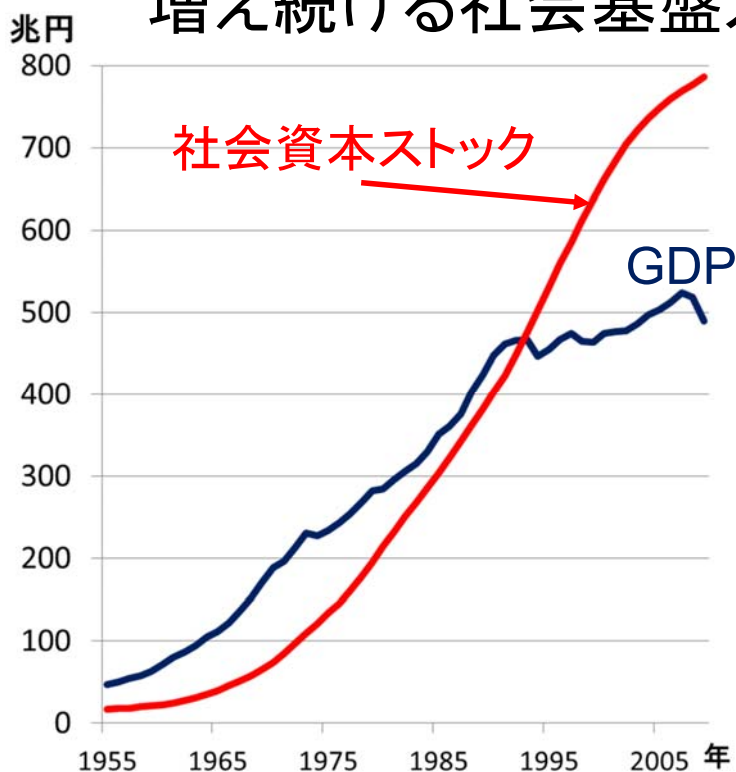


ポルシェ 911ターボ、\$150,000

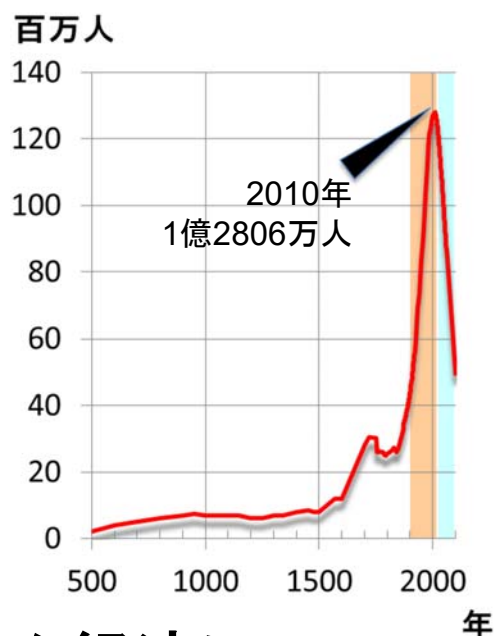


## 増え続ける社会基盤ストック

8



## 人口減



## フロー経済からストック経済に

野口悠紀雄「社会的共通資本」(宇沢弘文編)





## 首都高速一号羽田線 1964年完成



50年経ても現役  
時とともに価値が上昇



誰もつかっていない



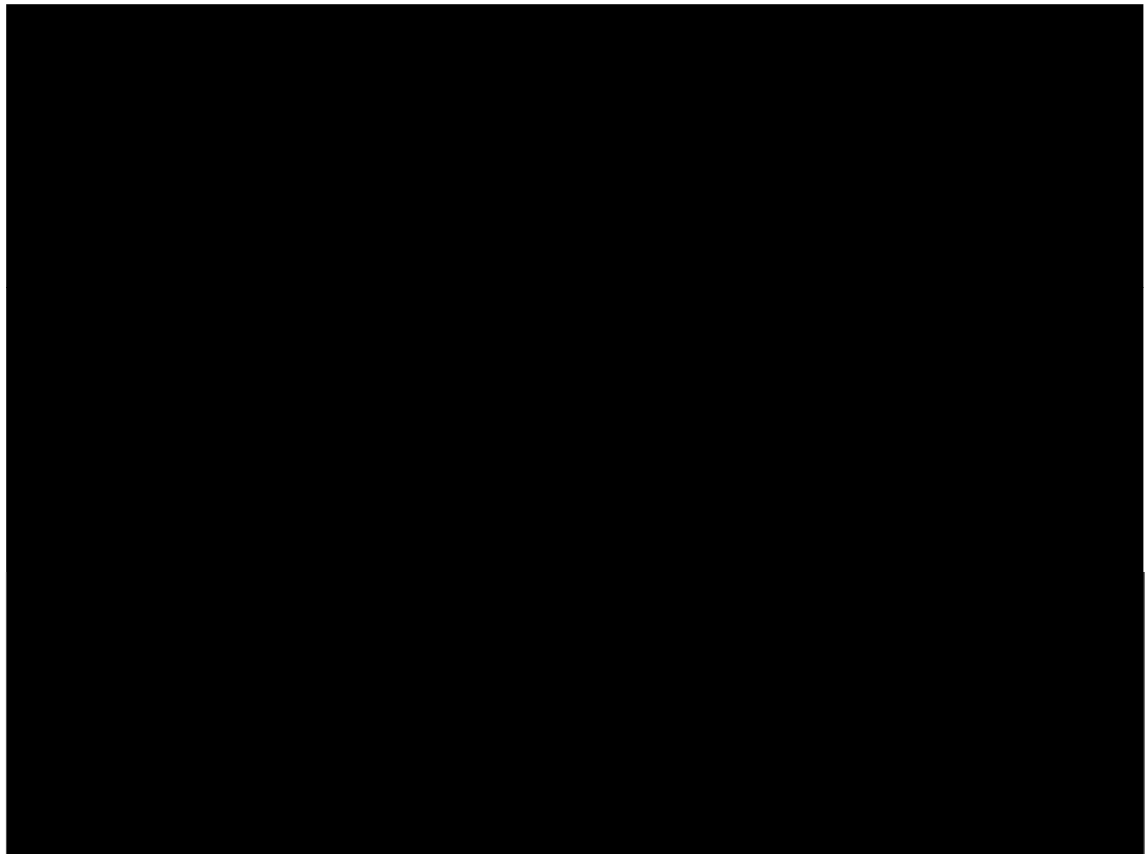
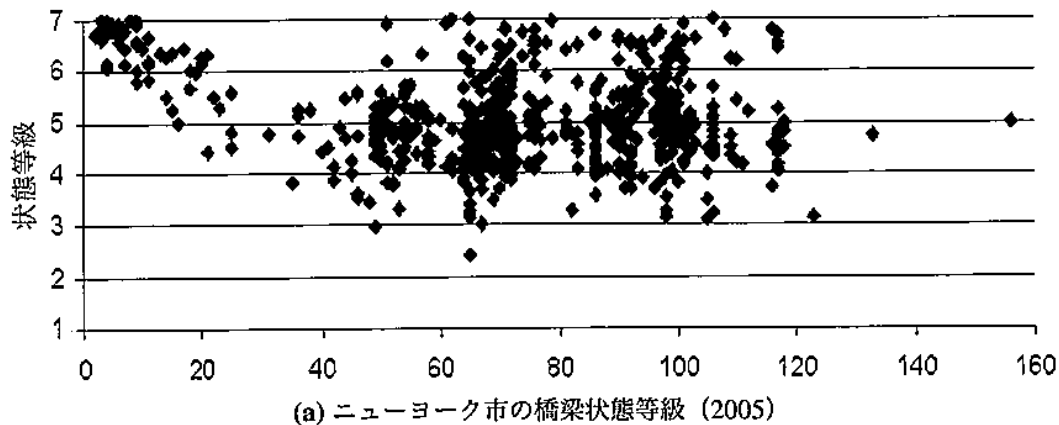
## インフラ維持管理研究のチャレンジ (点検・マネジメントを中心として)

- ステークホルダーの多様さ・複雑さ
  - 国民 国, 地方自治体(県, 市町村)
  - 多様で複雑なニーズ
  - 調整・合意形成など高度なコミュニケーション
    - 組織・ステークホルダーのマネジメント
- 現象・対象における不確定性・ばらつきの大きさ
  - 自然環境, 地形, 構造物は多様(単品性) 長い供用期間
  - 個別性, 個性(ばらつき)が大きい
  - 現場では, 非定型かつ知的な作業が求められる
- 専門家(人間)が実施する必要性が高い領域
  - 人材育成が, 現状での基本戦略
  - 膨大なストックをカバーする良質なマンパワーと財源が必要
    - 「人」の判断によるばらつきも大きい

# ニューヨーク市の橋梁 健全度評価データ

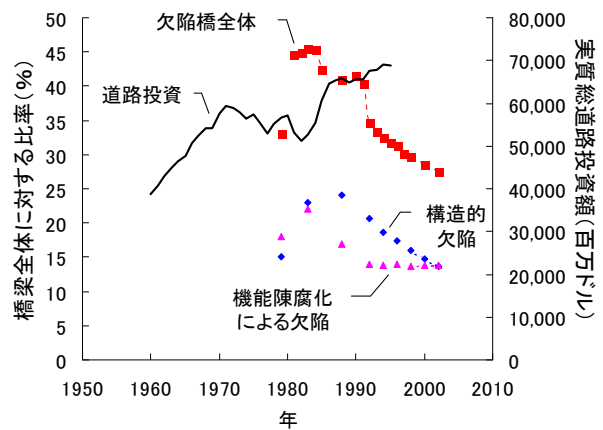
大きなバラツキ

点検結果から、劣化傾向を推定  
(理論的予測は極めて難しい)



アメリカの橋梁の維持管理はこの事故(1967年)がきっかけ

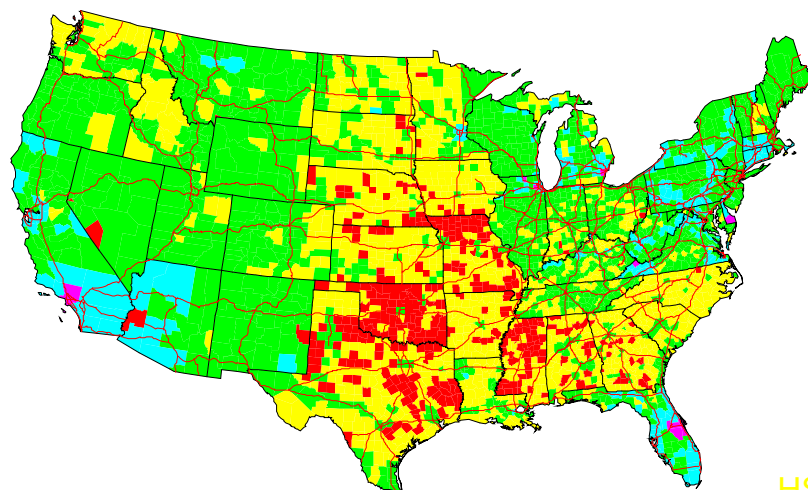
# アメリカの教訓



- 1970年代: 度重なる社会基盤施設の事故
- **目視検査**・統計に基づく経験的マネジメントシステムの確立
  - 45年にわたり, 全国の欠陥橋比率が分かる(公開)!!
  - 日本は???

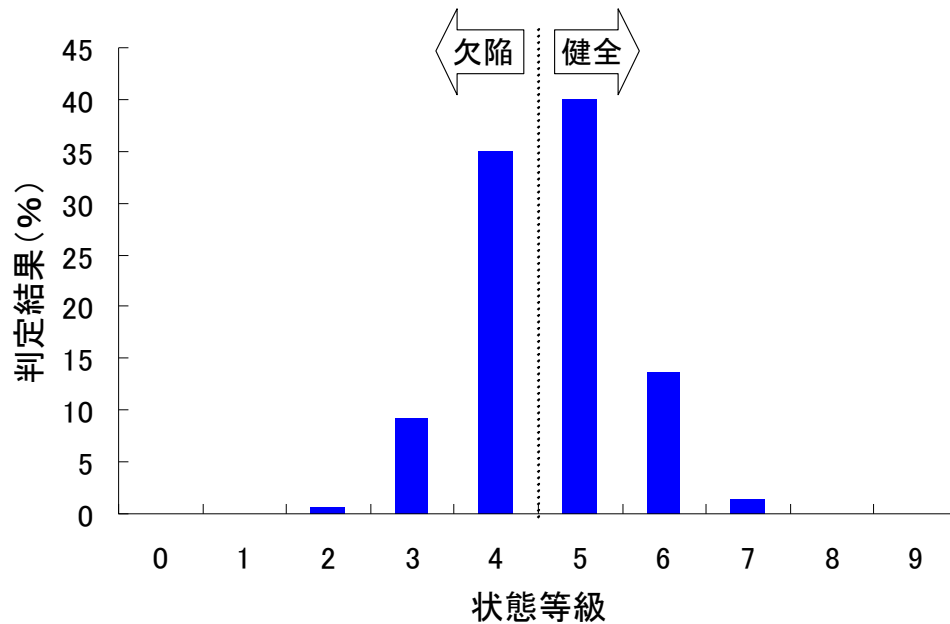
13

台帳の等級の平均値



HS=HS荷重等級

■ <= HS 10   
 ■ <= HS 15   
 ■ <= HS 20   
 ■ <= HS 25   
 ■ > HS 25



## 目視検査の信頼性

15

### 中央高速道笹子トンネルの天井板落下事故 (2012年12月)



日本のインフラの維持管理を大きく変えた  
2014年6月から 近接目視が義務化された。



# 総合科学技術・イノベーション会議の機能・役割・メンバー

## 1. 機能

内閣総理大臣及び内閣を補佐する「**知恵の場**」。我が国全体の科学技術を俯瞰し、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術政策の**企画立案及び総合調整**を行う。  
平成13年1月、内閣府設置法に基づき、「**重要政策に関する会議**」の一つとして内閣府に設置。

## 2. 役割

- ① 内閣総理大臣等の諮問に応じ、次の事項について調査審議。  
ア.科学技術の総合的かつ計画的な振興を図るための基本的な政策  
イ.科学技術に関する**予算、人材等の資源の配分の方針、その他の科学技術の振興に関する重要事項**  
ウ.研究開発の成果の実用化によるイノベーションの創出の促進を図るための環境の総合的な整備に関する重要事項
- ② 科学技術に関する大規模な研究開発その他の国家的に重要な研究開発を評価。
- ③ ①の*ア、イ、及びウ*に関し、必要な場合には、諮問を待たず内閣総理大臣等に対し意見具申。

H25.3.1からH26.9.19までに  
計17回開催（うちCSTIは4回開催）

閣僚議員

議長



あべしんぞう  
安倍晋三  
内閣総理大臣



すがよしひで  
菅義偉  
内閣官房長官



やまぐちしゅんいち  
山口俊一  
科学技術担当大臣



たかいちさなえ  
高市早苗  
総務大臣



あそつたろう  
麻生太郎  
財務大臣



しもむらはくぶん  
下村博文  
文部科学大臣



おぶちゆうこ  
小淵優子  
経済産業大臣

（常勤）



きゅうまさお  
久間和生  
元三菱電機  
常任顧問

（常勤）



はらやまゆうこ  
原山優子  
元東北大学大学院  
工学研究科  
教授



うちやまだたけし  
内山田竹志  
トヨタ自動車  
取締役  
会長



こたにもとこ  
小谷元子  
東北大学大学院  
理学研究科  
教授



なかにしひろあき  
中西宏明  
日立製作所  
代表執行役  
執行役会長兼CEO



はしもとかずひと  
橋本和仁  
東京大学大学院  
工学系研究科  
教授



ひらのとしお  
平野俊夫  
大阪大学  
総長



おおしたかし  
大西隆  
日本学術会議  
会長

【関係行政機関の長】

有識者議員  
（任期3年、再任可）

## 平成26年度重点課題

（総合科学技術会議）

シーズ主導から課題解決に

- 環境・エネルギー
- 健康・高齢化社会
- 地域資源の活用
- インフラの安全,  
ICTの適用  
センサー、ロボット、ビッグデータ



SIP 戦略的イノベーション創造プログラム 325億円

省庁連携 10課題のひとつ

インフラの維持管理，更新，マネジメント技術

# 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の対象課題、PD、28年度配分額



**革新的燃焼技術（配分額 19.0億円）**  
**杉山雅則 トヨタ自動車 エンジン技術領域 領域長**  
 乗用車用内燃機関の最大熱効率を50%に向上する革新的燃焼技術（現在は40%程度）を持続的な産学連携体制の構築により実現し、世界トップクラスの内燃機関研究者の育成、省エネ、CO<sub>2</sub>削減及び産業競争力の強化に寄与。



**革新的構造材料（配分額 36.9億円）**  
**岸 輝雄 東京大学名誉教授、物質・材料研究機構顧問**  
 軽量で耐熱・耐環境性に優れた画期的な材料の開発及び航空機等への実機適用を加速し、省エネ、CO<sub>2</sub>削減に寄与。併せて、日本の部材産業の競争力を維持・強化。



**次世代海洋資源調査技術（配分額 45.6億円）**  
**浦辺徹郎 東京大学名誉教授、国際資源開発研修センター 顧問**  
 銅、亜鉛、レアメタル等を含む、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト等の海洋資源を高効率に調査する技術を世界に先駆けて確立し、海洋資源調査産業を創出。



**インフラ維持管理・更新・マネジメント技術（配分額 31.0億円）**  
**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**  
 インフラ高齢化による重大事故リスクの顕在化・維持費用の不足が懸念される中、予防保全による維持管理水準の向上を低コストで実現。併せて、継続的な維持管理市場を創造するとともに、海外展開を推進。



**重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保（配分額 25.0億円）**  
**後藤厚宏 情報セキュリティ大学院大学 研究科長・教授**  
 制御・通信機器の異常検知・異常検知を含めた動作監視・解析技術と防御技術を開発し、重要インフラ産業の国際競争力強化と2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の安定的運営に貢献。



**革新的設計生産技術（配分額 21.9億円）**  
**佐々木直哉 日立製作所 研究開発グループ 技師長**  
 地域の企業や個人のアイデアやノウハウを活かし、時間的・地理的制約を打破する新たなものづくりスタイルを確立。企業・個人ユーザーニーズに迅速に応える高付加価値な製品設計・製造を可能とし、産業・地域の競争力を強化。



**次世代パワーエレクトロニクス（配分額 23.0億円）**  
**大森達夫 三菱電機 開発本部 役員技監**  
 SiC、GaN等の次世代材料によって、現行パワーエレクトロニクスの性能の大幅な向上（損出1/2、体積1/4）を図り、省エネ、再生可能エネルギーの導入拡大に寄与。併せて、大規模市場を創出、世界シェアを拡大。



**エネルギーキャリア（配分額 34.9億円）**  
**村木 茂 東京ガス 常勤顧問**  
 再生可能エネルギー等を起源とする電気・水素等により、クリーンかつ経済的でセキュリティレベルも高い社会を構築し、世界に向けて発信。



**自動走行システム（配分額 26.2億円）**  
**葛巻清吾 トヨタ自動車 CSTO(Chief Safety Technology Officer)補佐**  
 高度な自動走行システムの実現に向け、産学官共同で取り組むべき課題につき、研究開発を推進。関係者と連携し、高齢者など交通制約者に優しい公共バスシステム等を確立。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。



**レジリエントな防災・減災機能の強化（配分額 21.1億円）**  
**中島正愛 京都大学防災研究所 教授**  
 大地震・津波、豪雨・竜巻等の自然災害に備え、官民挙げて災害情報をリアルタイムで共有する仕組みを構築、予防力、予測力の向上と対応力の強化を実現。



**次世代農林水産業創造技術（配分額 26.6億円）**  
**西尾 健 法政大学 生命科学部 教授**  
 農政改革と一体的に、革新的生産システム、新たな育種・植物保護、新機能開拓を実現し、新規就農者、農業・農村の所得の増大に寄与。併せて、生活の質の向上、関連産業の拡大、世界的食料問題に貢献。

## 12番目の2016年度発足のSIP



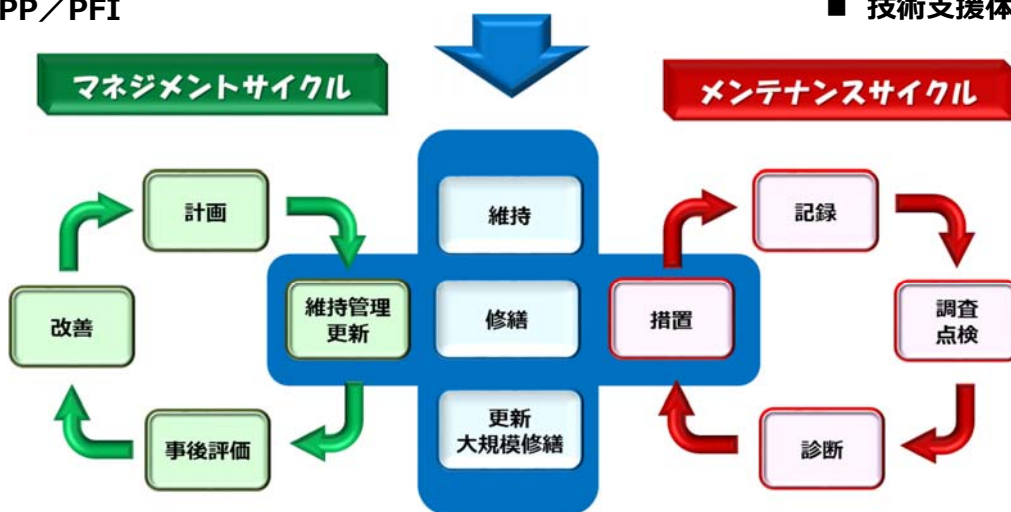
戦略的イノベーション  
創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic  
Innovation Promotion Program

SIPインフラ  
サブPDのひとり  
田崎さん 6

**総合科学技術・イノベーション会議**  
 Council for Science, Technology and Innovation

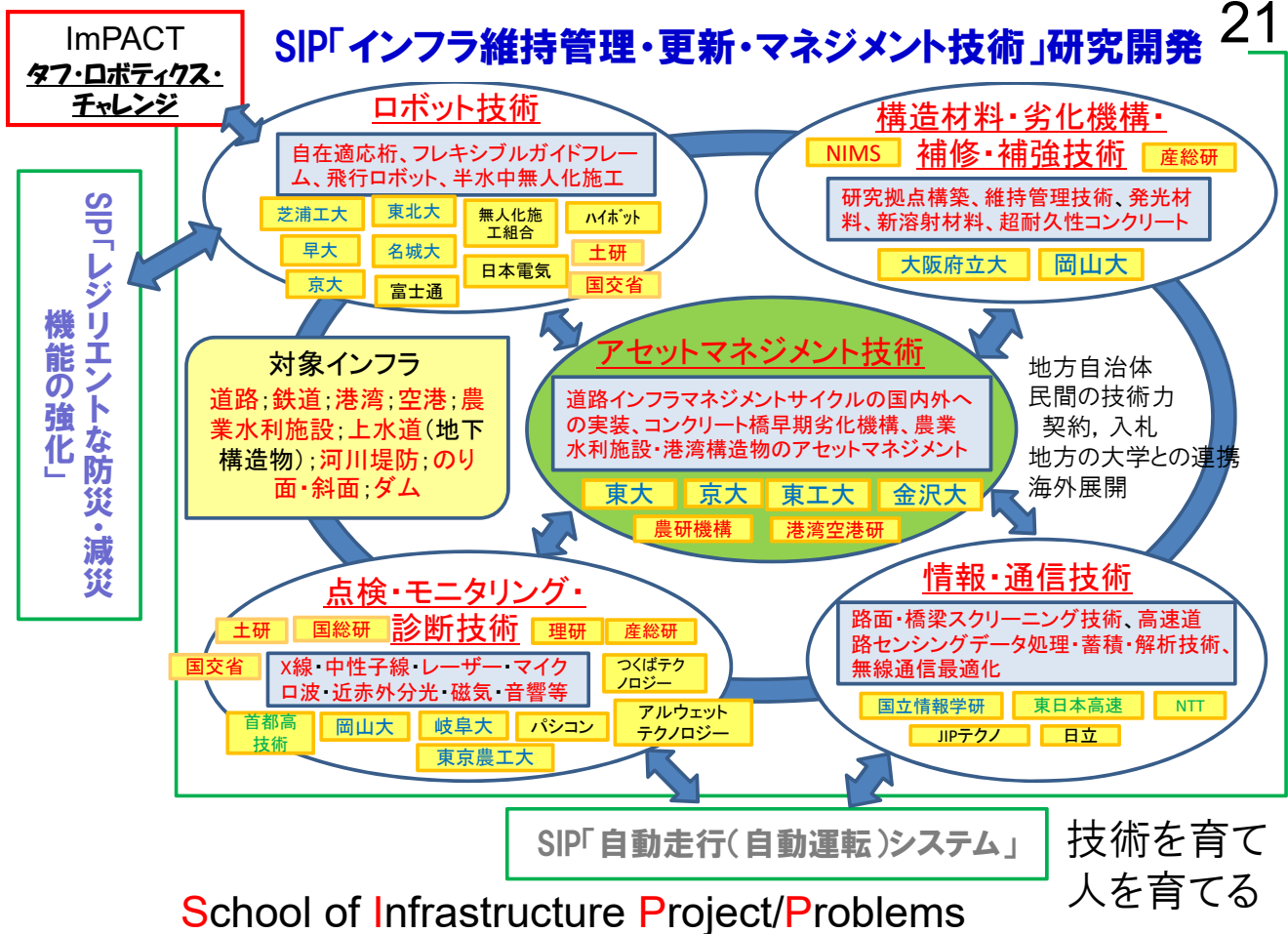
## インフラ維持管理の基本型＝「あいたい姿」

- 発注方式の変更
- 点検要領の改定
- 予算立ての見直し
- PPP/PFI
- 意思決定のための支援ツール
  - ・ 余寿命予測技術、AI
  - ・ インフラデータベース
- 点検の効率化・高度化
- 作業者育成
- 地域連携
- 技術支援体制



### 診断・余寿命予測モデル

- 点検・診断結果とアセットマネジメントを繋ぐキーテクノロジー
- 高耐久補修・補強材料の性能評価が可能
- 余寿命の定量化でライフサイクルコストの算定が可能
- 長期保全計画・更新計画と投資計画のリンク



## 研究G 点検・計測・センシング

## 計測工学

・電気子工学

機械工学

ロボット

情報マネジメント

情報科学

材料・構造

材料科学

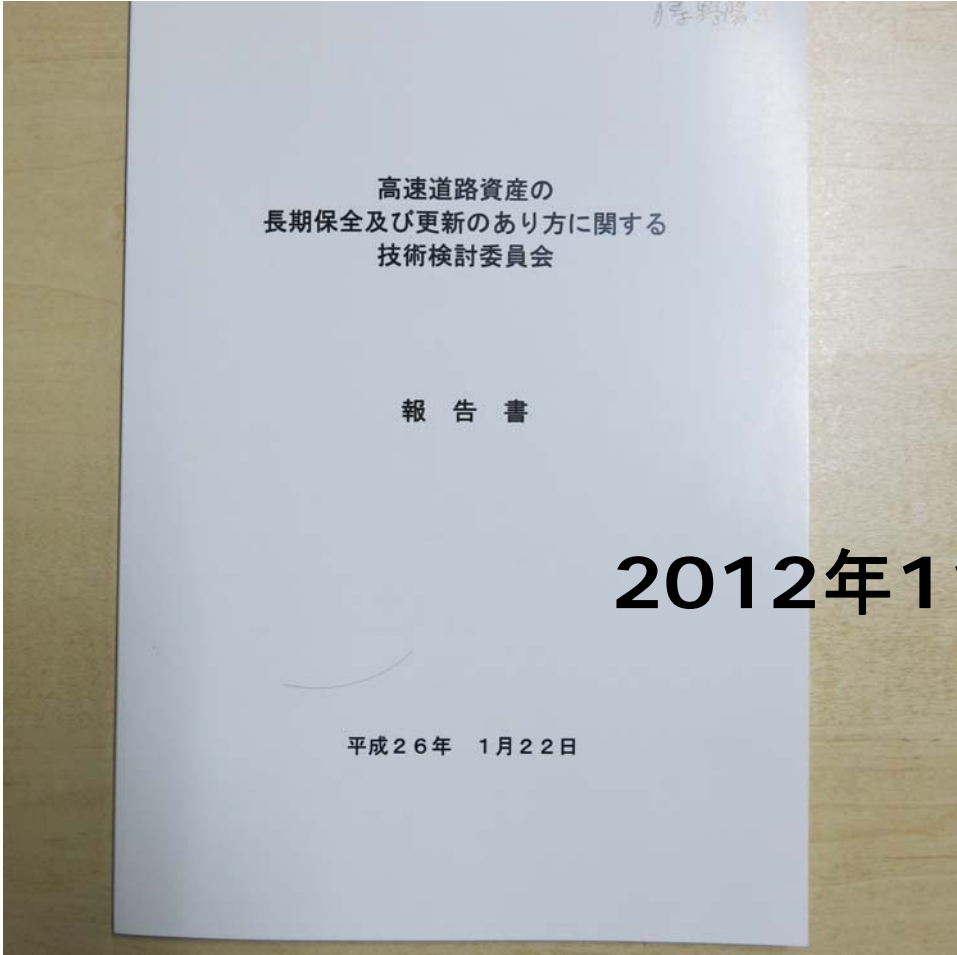
アセットM(マネジメント)・拠点

土木・総合工学

学，民，官の連携

マルチディシプリンではなく、  
**インターディシプリンに**





2012年11月から

|       |      | 項目    | 主な対策                     | 延長※1      | 概算事業費※2   |
|-------|------|-------|--------------------------|-----------|-----------|
| 大規模更新 | 橋梁   | 床版    | 床版取替                     | 約 230km   | 約16,500億円 |
|       |      | 桁     | 桁の架替                     | 約 10km    | 約 1,000億円 |
|       | 小    |       |                          | 240km     | 約17,600億円 |
| 大規模修繕 | 橋梁   | 床版    | 高性能床版防水 など               | 約 360km   | 約 1,600億円 |
|       |      | 桁     | 桁補強 など                   | 約 150km   | 約 2,600億円 |
|       | 土構造物 | 盛土・切土 | グラウンドアンカー<br>水抜きボーリング など | 約 1,230km | 約 4,800億円 |
|       | トンネル | 本体・覆工 | インバート など                 | 約 130km   | 約 3,600億円 |
|       | 小 計  |       |                          | 約 1,870km | 約12,600億円 |
| 合 計   |      |       | 約 2,110km                | 約30,200億円 |           |



沖縄の高速道路のRC床版

25

## 橋梁RC床版の損傷, 劣化 (アメリカ)







米国 連邦道路局FHWA Rabbit 一台 2 億円

時速5km<sub>27</sub>

## 床版や舗装の簡易・高速での状態評価技術の必要性



長さ15m以上の道路橋の総数: 約16万橋



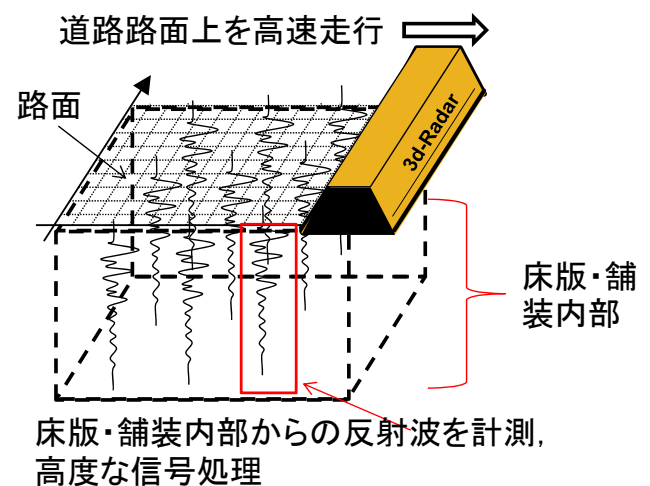
人力での打音試験により異常箇所を特定

車線規制+打音試験 → 膨大な時間とコスト

## 車載型地中探査レーダーの床版・舗装内部探査への応用(東大 水谷さん)



時速80kmの高速で地中からの反射波の非接触計測が可能。

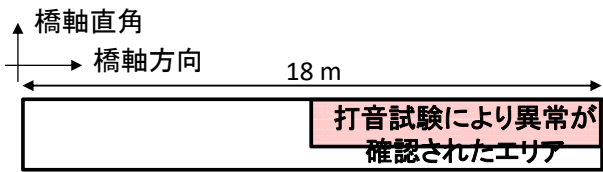




実橋梁データへの信号処理アルゴリズムの適用



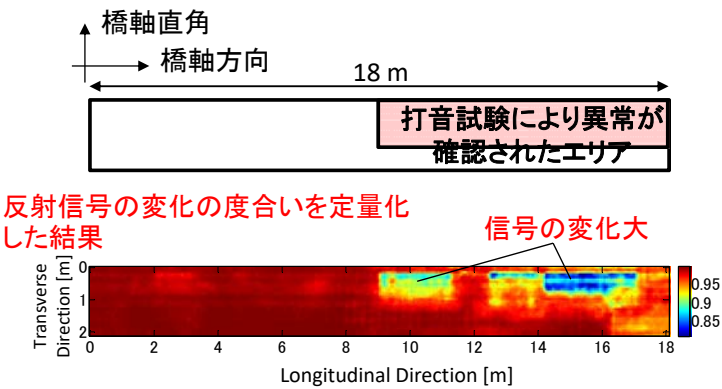
計測対象の高速道路  
(時速80kmで計測)



実橋梁データへの信号処理アルゴリズムの適用



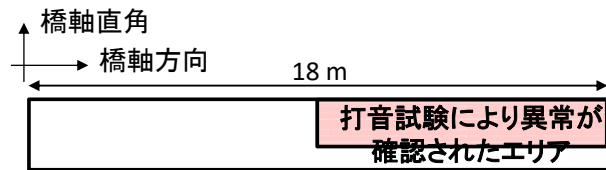
計測対象の高速道路  
(時速80kmで計測)



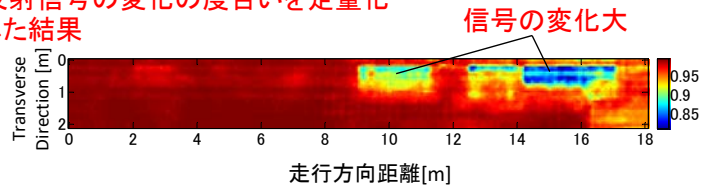
## 実橋梁データへの信号処理アルゴリズムの適用



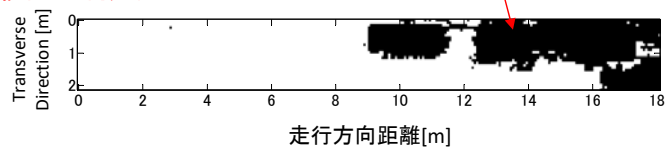
計測対象の高速道路  
(時速80kmで計測)



反射信号の変化の度合いを定量化した結果



外れ値検定の結果  
(統計的判定)



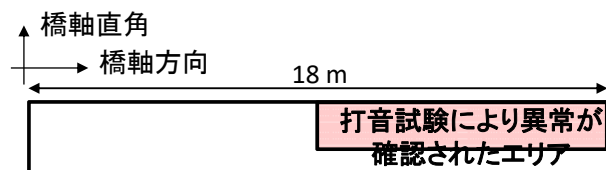
## 実橋梁データへの信号処理アルゴリズムの適用



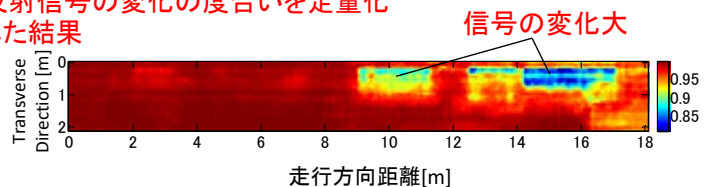
計測対象の高速道路  
(時速80kmで計測)

打音試験で異常が確認されたエリアを  
高精度で検出.

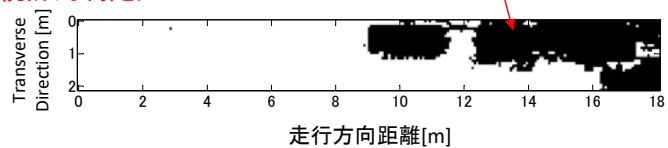
今後、さらに多数の橋梁に適用し、精  
度を入念に分析中



反射信号の変化の度合いを定量化した結果



外れ値検定の結果  
(統計的判定)

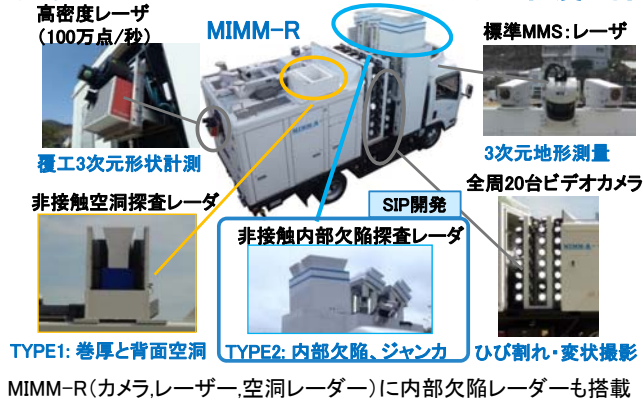


■：高速走行型非接触レーザーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と  
統合型診断システムの開発

パシフィックコンサルタンツ株式会社

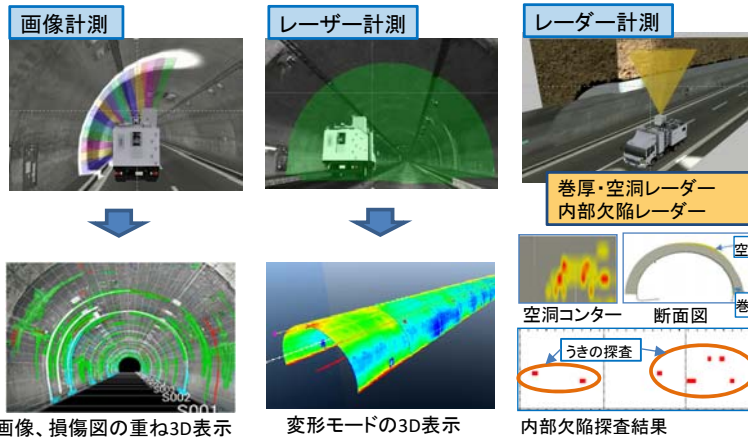


**非接触型レーザーアンテナ 3基搭載（3m程度の探査距離は世界初） 時速50km/h程度での走行計測**



**本技術の社会実装イメージ**

|   | 出口戦略                   | 対象               | スケジュール, 見通し                                     |
|---|------------------------|------------------|---|
| ① | 開発レーダー、診断システム点検業務へ活用   | 自社業務<br>他事業者への貸与 | SIP終了後、速やかに実施。<br>H29年度より5年間で自社シェア20%程度アップを目指す。 |
| ② | 近接目視、打音検査の補完、支援技術として活用 | 国交省<br>他         | 次世代社会インフラ用ロボット試行と連動。点検要領の改訂まで視野に入れ普及、標準化        |
| ③ | 技術指導、現場へのコンサルテーション     | 自治体              | 岐阜大、長崎大、東北大などの社会実装プログラムとの連携と統合型診断システム普及         |



**SIP社会実装出口戦略支援**

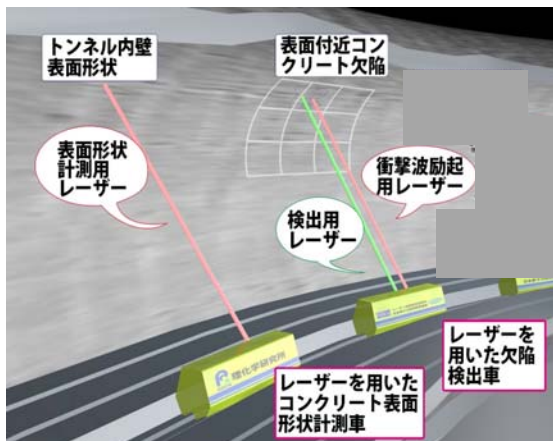
『レーザーを活用した高性能・非破壊劣化・インフラ診断技術の開発』

理化学研究所チームの社会実装に向けた出口戦略を支援

- ・MIMMにより取得した覆工画像マップからレーザー照射位置の自動設定、打音結果のマップへの記録を支援
- ・道路トンネルで先行している実績を活用し、社会実装を支援

戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program  
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

**理化学研究所，量子科学技術研究開発機構**



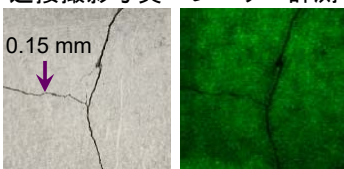
**レーザーを用いたトンネル内壁の3次元形状計測と分光分析（理化学研究所）**

目標 (1) 0.2 mmひび割れ検出 (2) 0.1 mm凹凸計測 (3) 漏水検出など分光計測

**0.15 mm幅のひび割れ計測が実現**

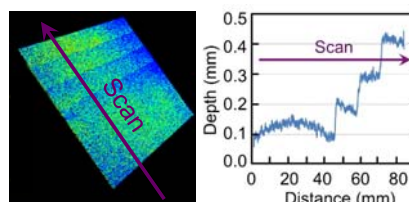
方法: ライダー計測 + 散乱計測法

近接撮影写真 レーザー計測



**0.1 mmの凹凸計測が実現**

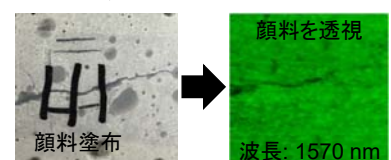
方法: ライダー計測 + 干渉計測法



**分光分析による汚れの透視が実現**

方法: ライダー計測 + 分光計測法

照射波長の適切な選定により、汚れている表面でもひび割れの検出が可能



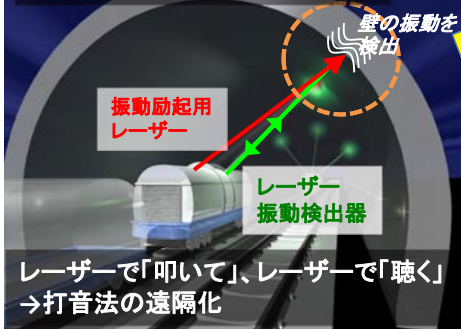


# 屋外用高速レーザー打音検査システム (量子科学技術研究開発機構)

目標：現在主流の打音法に代わる、遠隔かつ高速な検査法を開発。



## 新技術：レーザー打音法

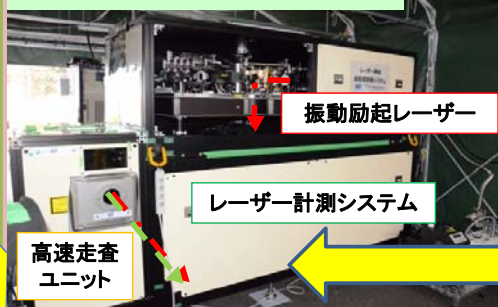


### 【成果】

- ・冷却系の改良・独自の光学配置により、小型高繰返し・高出力YAGレーザーを開発
- ・軽量、高剛性ガルバニミラーを用いた50ヶ所/秒の検査速度を達成
- ・レーザー打音高速検査システム屋外用試作機を開発

## 屋外用高速レーザー打音検査システムを開発

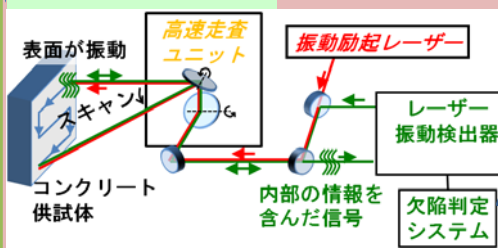
### 屋外用高速レーザー打音検査システム



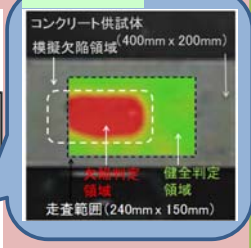
### 屋外実験場における実験配置



### 高速検査システムの概要



### 計測結果



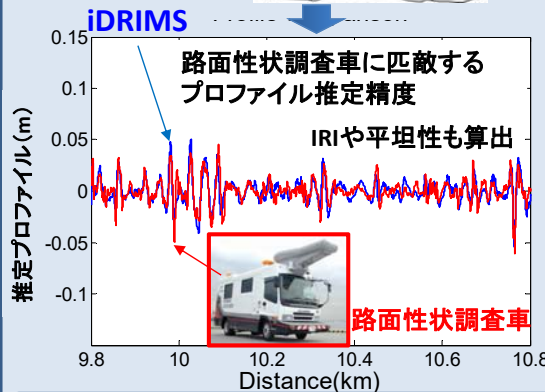
6m先のコンクリート供試体の50Hz検査と、内部欠陥の可視化に成功

# スマートフォンを利用した路面プロファイル推定の高度化と自治体への展開

## 路面プロファイル推定アルゴリズムの開発

(東大工学系)

ハーフカーでモデル化



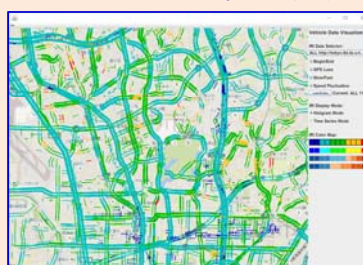
計測：鉛直+走行方向加速度&ピッチング加速度

解析：データ同化技術

⇒モデル化誤差，観測誤差の影響を低減

- ✓ 走行速度変化，乗車人数や積荷の変化にもロバスト
- ✓ 高精度。停発車箇所では路面性状調査車より推定精度が高い場合も

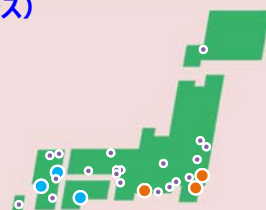
## 可視化技術 (東大生産研)



- 空間分布・経時変化を準リアルタイム大規模インタラクティブ可視化
- 広域-局所の両スケールでスムーズな可視化
- アルゴリズム開発へのフィードバック + 管理者への情報提供

## 自治体への展開 (JIPテクノサイエンス)

| 進捗状況         | 対象自治体                     |
|--------------|---------------------------|
| 契約手法協議       | 茨城県、浜松市、旭市                |
| 営業試走行済、予算化協議 | 高知市、熊本県、大分県               |
| アプローチ中       | 香取市、北九州市、板橋区、金武町ほか全国20自治体 |



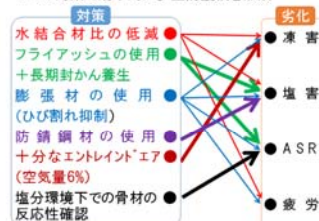
# SIPインフラ技術の東北震災復興に加え熊本震災復興への貢献



床版打設の状況(2015.3)

## 多重防護による耐久性の確保

東北地方で問題となる4つの劣化に対し、6つの対策で効率的に多重防護網を形成



## コンクリート配合

| W/C<br>(%) | W/B<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m³) |    |      |     |     |     |     |     |     | 混和剤<br>(g/m³) |     |
|------------|------------|------------|-------------|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|
|            |            |            | C           | Ex | FA   | W   | 細骨材 |     |     | 粗骨材 |     |               |     |
|            |            |            |             |    |      |     | S1  | S2  | S3  | G1  | G4  | 15L           | 20Z |
| 54.8       | 42.4       | 43.3       | 283         | 20 | 62.5 | 155 | 456 | 111 | 185 | 303 | 707 | 3330          | 30A |

収縮補償

外割20%添加

骨材有機分の影響大

収縮補償

外割20%添加

骨材有機分の影響大

**高耐久床版の  
社会実装**

国交省石井大臣への熊本地震復興への提言(2016.9.1)



東北復興道路 南三陸国道事務所管内にて試行工事を実施



成果とりまとめ

手引きの作成

SIP前川PJとして公表

今後の取組：東北地方全体、他の寒冷地へ展開

**東北復興道路、向定内橋、不動沢橋、大沢第三橋、浪板橋、唐丹第一高架橋等多数  
平成29年度夏井高架橋、桑折高架橋  
(いずれも床版高耐久化)  
熊本復興コンクリート工事への適用**

熊本地震被害

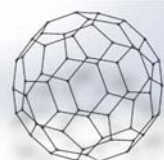
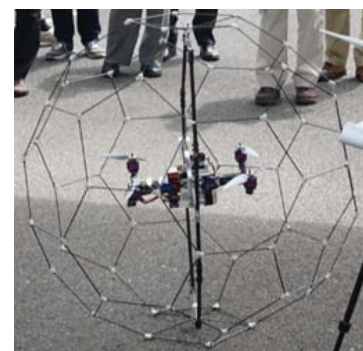


## ロボット技術

マルチコプター 東北大学

- 橋梁接触時の安定飛行を確保
  - ☞ フレーム構造改造による衝撃吸収性、耐久性向上
- 桁間に進入し、床版や高力ボルトを0.5mの近距離で撮影
- 0.2mm(目標0.1mm)程度のひびの撮影が可能
  - ☞ カメラ取付ピッチ角を飛行中に操作可能に改善
- 最大風速9.9m/s(目標10m/s以上)も飛行可能
  - ☞ モータとプロペラの改善による推力向上

【橋梁点検】



フラーレン構造 流線型ジョイント

【調書作成支援】





## 「リスクをあぶり出せ！インフラ点検最前線」

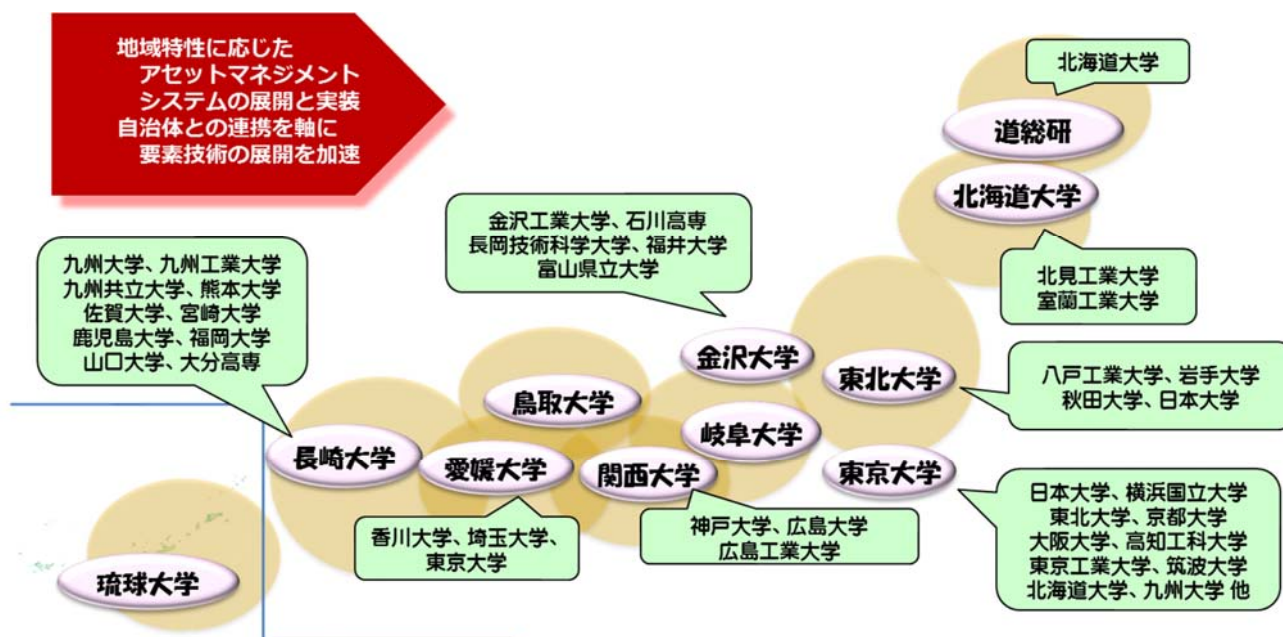


2-2

地域基盤

### 地域実装支援の体制

インフラの長寿命化・高耐久化を実現するアセットマネジメントシステムに基づく、地域が主役となる新たなインフラとの共存社会の提案





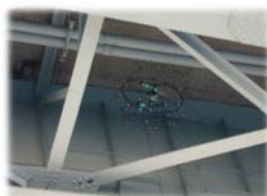
## 地域における技術展開の推進

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術 地域実装支援チーム イベント等

2016年10月のキックオフを皮切りに、すでに5地域で12回のイベントを開催。特に岐阜ではSIP技術を含む現場実証実験を行っており、多くの自治体関係者も参加し、技術導入に向けた環境整備が開始されている。



岐阜大学名誉教授  
六郷恵哲リーダー



|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| 必要性 | 維持管理分野の魅力アップ<br>安心快適、長寿命化、やりがい、地域活性化 |
| 手段  | 魅力アップの方法<br>仕組改革、長期安定財源確保、新技術導入      |
| 展望  | 新技術導入による効果<br>魅力アップ、研究開発の効率化、生産性向上   |

- SIP開発技術を地方自治体インフラ管理者へ展開
- 技術導入のためのデモを現場実証試験として実施
- 点検技術者へ技術導入のための説明会を実施

41

## 地域における技術展開の推進 (慎重かつ大胆に準備中)

▶▶▶ 「近接目視」がきわめて難しい「橋」への挑戦＝ドローンによる点検

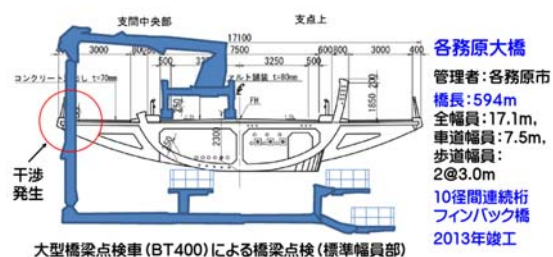


岐阜チーム



鳥取チーム

▶ 大型橋梁点検車を用いた点検が困難



沖縄チーム

42

## 新しい橋梁点検技術の適用性評価

新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会（以下、評価委員会）では、地方自治体が管理するコンクリート橋梁に対して、ロボット技術を取り入れた橋梁点検技術の適用性について、検討・評価を実施し、「ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針」を作成する。

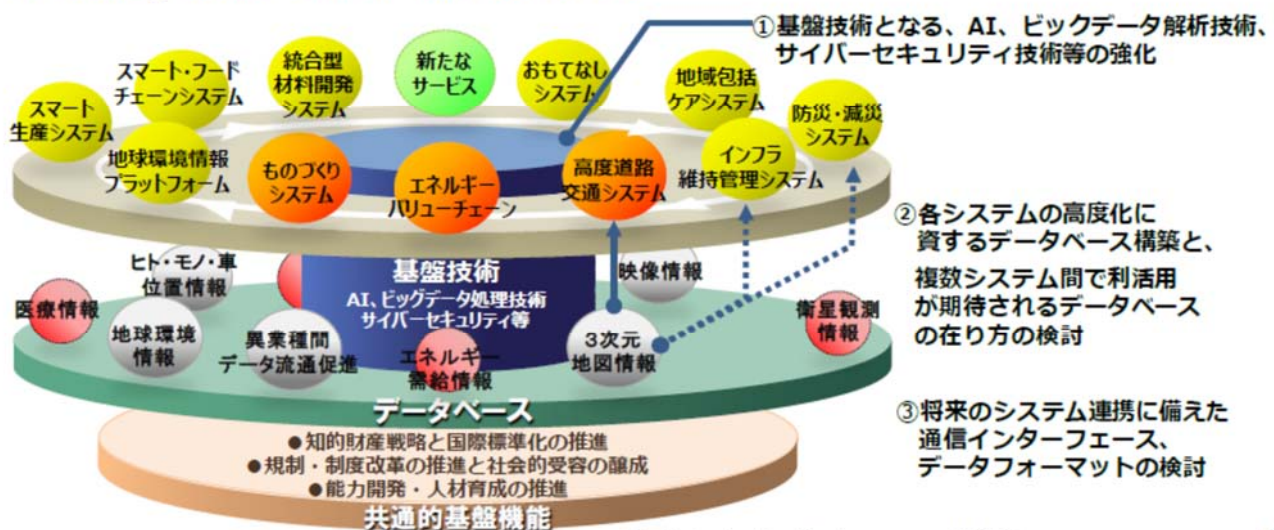


43

## 「Society 5.0」プラットフォーム構築

- 総合戦略2015で定めた11システムのうち「高度道路交通システム」「エネルギーバリューチェーンの最適化」「新たなものづくりシステム」をコアシステムとして開発。  
他システムと連携協調を図り、新たな価値を創出。
- 新たな価値・サービス創出の基となるデータベースを整備
- 基盤技術（AI、ネットワーク技術、ビッグデータ解析技術等）の強化

## ●「Society 5.0」プラットフォーム構築のイメージ



※今回取り上げたデータベースは参考例

9

44



## 医療統計学による高速道路RC床版の生存時間分析結果と3次元地図情報をリンクした「バードビュー」

### 1 RC床版毎リスクスコアのプロット



- 結果**
- 正確な床版位置情報から、橋梁内でのリスクの差が直感的に明らかに
  - 熊野町JCT⇄板橋JCT（交通量／構造上の理由によりリスク高）といった要重点管理区間が明確に

### 2 補修・補強効果検討への応用

3号渋谷線  
渋谷→用賀

#### 通常ケース

- 現設計でのリスクスコア (16~24cm)



#### 増厚ケース

- 床版厚設計値 25cmと仮定



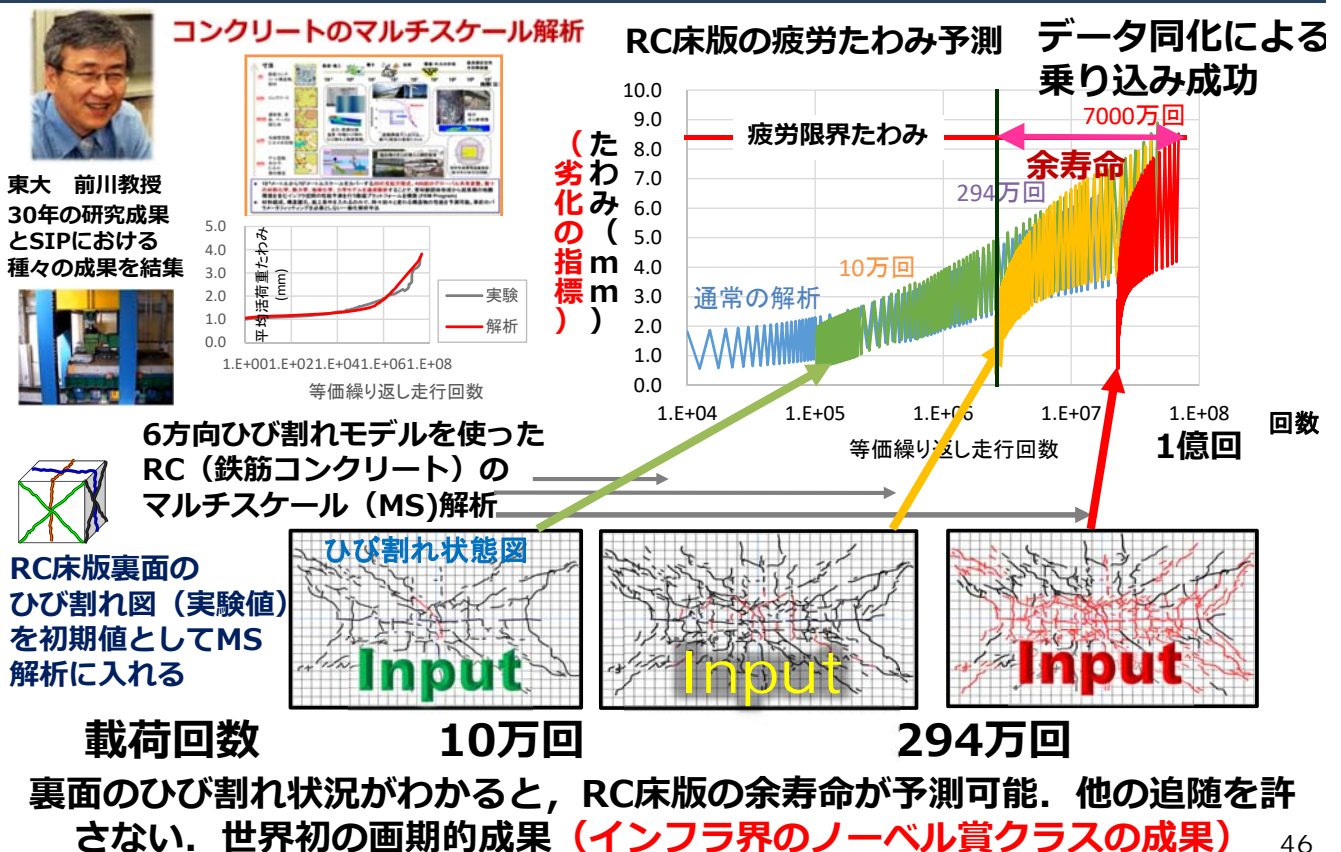
リスクスコアによる  
補強効果の検討

- 結果**
- 構造条件の変化による損傷リスクの低下が定量的・視覚的に明確となり、維持管理優先度決定などへの有効性を示す

**維持管理・補修効果の定量的な説明や計画策定に寄与**

45

## 今年度最大の成果 データ同化を使ったRC（鉄筋コンクリート）床版のマルチスケール解析による余寿命予測システムの確立（東大アセットMグループ）

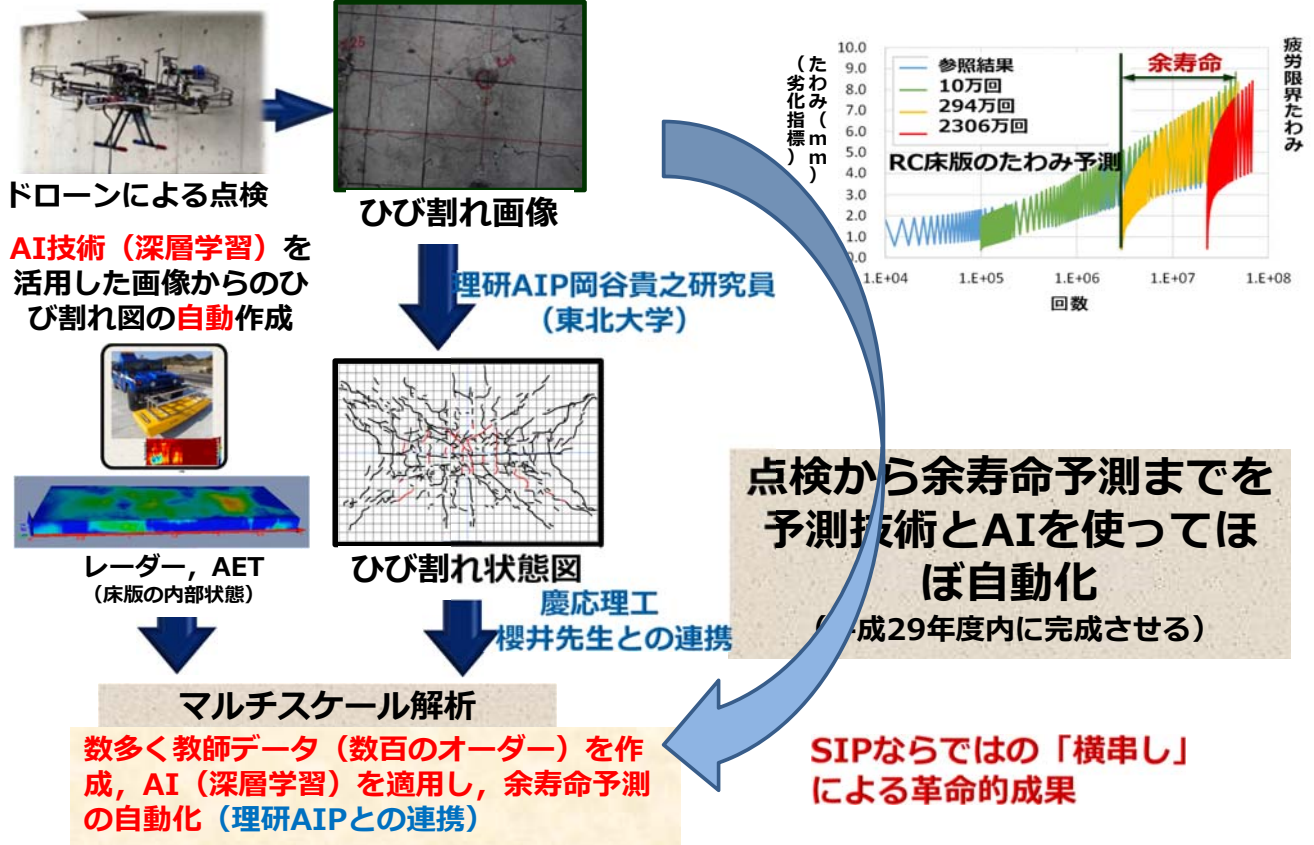


46



(平成29年度の集中課題)

## AI技術（深層学習）を活用した RC床版の超簡便高精度自動余寿命予測

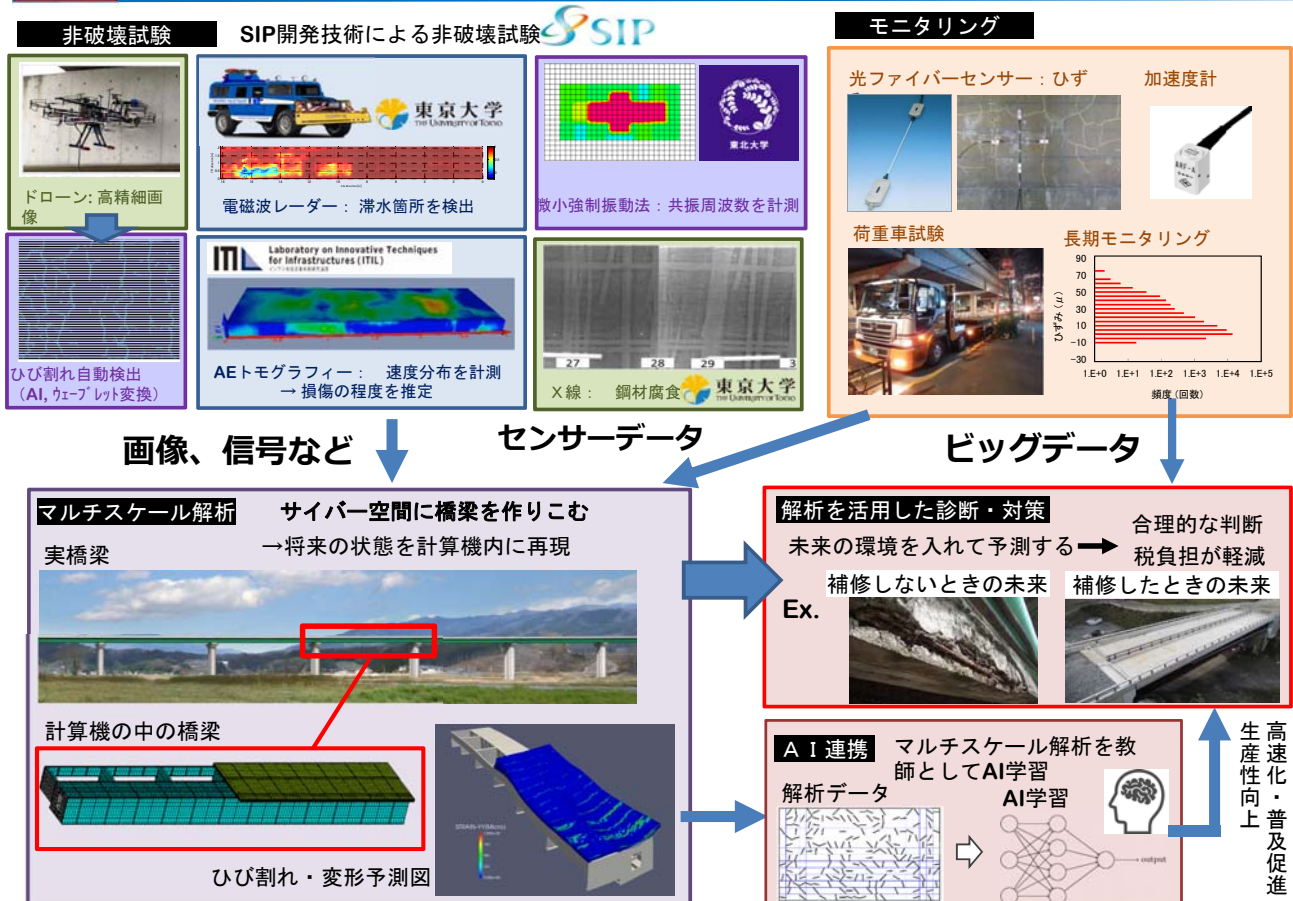


47

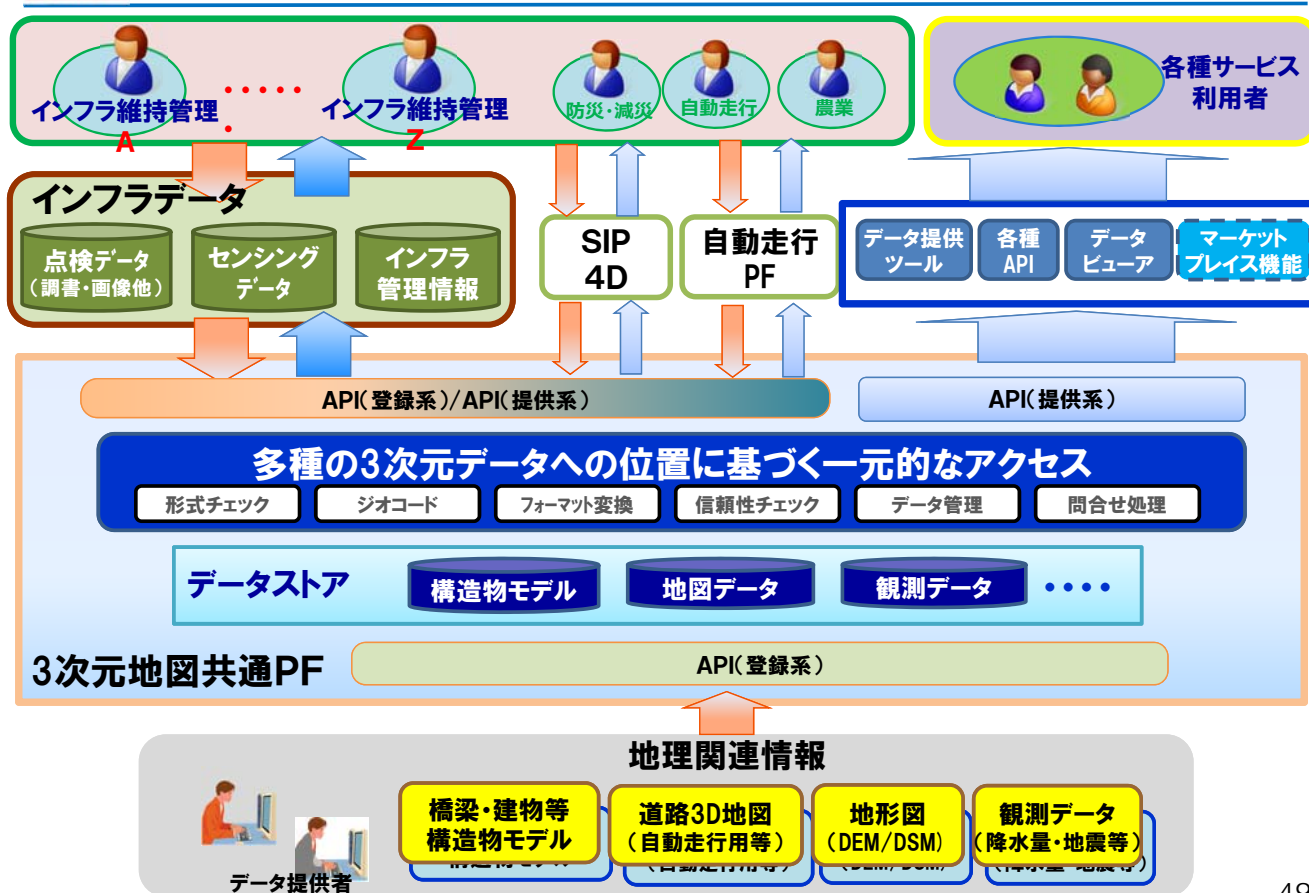
2-3

Society 5.0

## Society5.0：橋梁診断(現実空間)と将来予測(サイバー空間)



## 3次元地図共通PFの利用イメージ



49

## インフラ維持管理におけるAI技術の活用事例

| 活用対象  | 研究開発機関      | 内容  | 分類                |
|-------|-------------|---|-------------------|
| 打音検査  | 産総研         | 点検ハンマーによる打音の違いを機械学習し、 <b>構造物の異常箇所をリアルタイムで提示</b>                                     | 1-A<br>2-B        |
|       | 日本電気        | 打音点検飛行ロボットによる打音データを自動的に学習し、 <b>リアルタイムに清濁音を判別支援</b>                                  | 1-A               |
|       | 東急建設        | トンネル全断面点検システム上を稼働する打音検査システムにおいて、教師有りマルチラベル学習に基づき、 <b>浮きや割れを検出</b>                   | 1-B<br>2-A        |
| 画像処理  | JIPテクノサイエンス | ディープラーニングによる画像自動認識により、 <b>路面損傷事象を自動認識</b>   | 1-A<br>2-A        |
|       | 情報学研究所      | 橋梁監視カメラより、畳み込みニューラルネットワークを用いて、 <b>背景を取り除き通過車両のみを検出</b>                              | 1-B<br>2-A        |
|       | 東北大学        | 球殻ヘリに搭載したカメラ画像に対して、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた <b>ひび割れ損傷検知</b> （理研AIセンター 岡谷研究員（東北大学教授担当）） | 1-A<br>2-B        |
| 漏水検知  | 日本電信電話      | 上水道管に設置した高感度漏水監視センサから漏水音を収集し、機械学習により <b>漏水箇所を特定</b>                                 | 1-B               |
|       | 農研機構        | 農業用管路を対象とした小型潜水型漏水探査ロボットから収集した漏水データに機械学習を適用し、 <b>漏水有無を判断</b>                        | 1-A               |
| 地下探査  | 東北大学        | ディープラーニングを用いて地中レーダ画像を自動判定し、 <b>空港舗装体の内部の変状を把握</b>                                   | 1-B<br>2-A        |
|       | 東京大学        | 地中レーダ探査で得られたデータにディープラーニングを適用し、 <b>路面下の空洞や埋設物敷設状況を診断</b>                             | 1-B<br>2-A        |
| 余寿命予測 | 東京大学        | データ同化解析結果を教師データとして、 <b>床版下面のひび割れ状況から余寿命を推定</b>                                      | 1-A<br>2-A<br>2-B |

50

## AI活用の位置づけ（AI活用がどのように貢献するか）

### I. 現場作業負担の軽減，作業の効率化

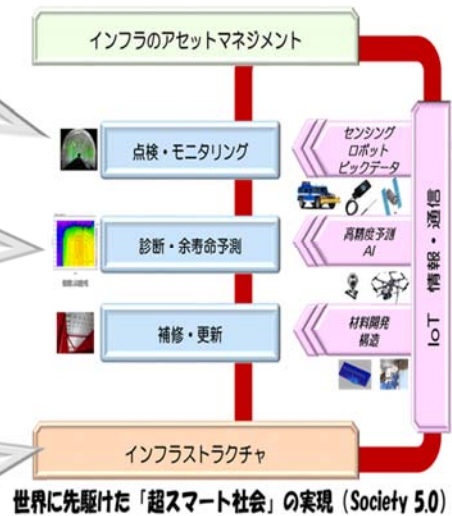
- 経験の浅い検査員の支援
- 一次スクリーニング（時間、コストの軽減）
- 準備の軽減、事務処理作業の削減

### II. 情報の保存、共有化の支援

- 判断支援（情報の整理・統合、予測情報の提示）
- 高度技術の展開支援（予測技術の簡易化）
- 診断結果の水平展開支援

### III. 新しい形で維持管理への展開

- 非専門家によるインフラ点検の実施へのAIサポート
- インフラデータの応用範囲の拡大（地域特性、環境特性に応じた余寿命予測へ）



51

## インフラ維持管理におけるAI技術の展開



### 1) 現在

1-A

- ・ 今までできたことの合理化・省力化をAIで、専門家の支援・代替
- ・ 作業の軽減、重要な作業（判断、検査対象の絞り込み）に集中するためのAI  
例：打音検査の判定（位置づけ I）

1-B

- ・ 今までできなかったことをAIで判別  
例：漏水検知モニタリング（位置づけ II）

### 2) 将来

2-A

- ・ 大規模インフラ対象：  
機械化、AI化による、少ない専門家による効率的な点検  
IoT とAIの組み合わせによる管理  
（位置づけ I, III）

2-B

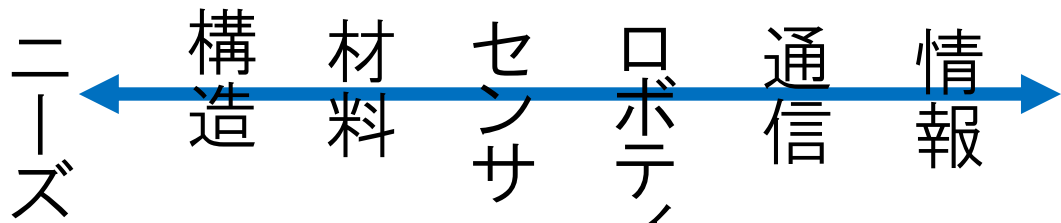
- ・ 小規模インフラ対象：  
AIによるサポートで、非専門家による自主的な点検・管理  
（位置づけ III）

52



## 研究開発内容

### ・インフラ



言葉の違う村々

通訳の育成が必要  
人材育成が重要

使いたくなるシステムをつくる  
それが“イノベーション”

そのためにはマネジメントが必要

## 梅棹忠夫

1920年6月13日  
- 2010年7月3日)

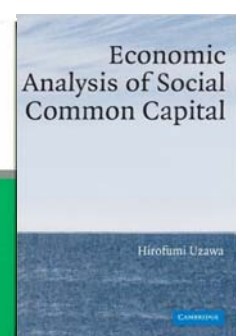
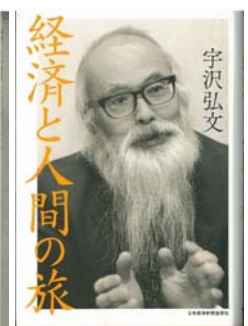


- ・ 京都学派
  - ・ 民博創設者
  - ・ 穴ばかり掘るな  
横に繋がれ  
共同研究を強制
  - ・ 理から文に
- 憧れの人





社会的共通資本は決して国家  
の統治機構の一部として官僚的  
に管理されたり, また利潤追求  
の対象として市場的な条件に  
よって左右されてはならない.  
社会的共通資本の各部門は,  
職業的専門家によって, 専門的  
知見にもとづき, 職業的規範に  
したがって, 管理・維持されなけ  
ればならない.



現在のAIの成功事例は、大量のデータに基づくもの。  
過去のAIの成功事例は、専門家の知識が簡単なもの

### インフラの維持管理の状況

限られたデータの中で、ベテランの専門家が何とか適切な判断をしている。全体を俯瞰して、過去の経験や(専門家の深い知識に基づく)常識・知恵があるから

対象件数の増加や専門家の不足のいう状況の中でAIに頼りたい

データに含まれるものは、必ずしも客観的ではない、重要な専門家の経験・知恵であり、そのデータ量は、エンジニアが自分の頭と手で記述しなおすのは困難なほどの量。

こういうことはAIの研究者だけではできない。インフラ維持管理専門家との緊密な連携が欠かせない。

ご清聴をありがとうございました。

PDFファイルを希望の方は

[fujino@ynu.ac.jp](mailto:fujino@ynu.ac.jp)

まで