

土木学会 平成 29 年度全国大会
研究討論会 研－13 資料

Society 5.0（超スマート社会）における
インフラの新たな維持管理・更新・マネジメント
－ SIP インフラにおける AI を用いた技術革新とその可能性 －

座 長	藤野 陽三	横浜国立大学
話題提供者	櫻井 彰人	慶應義塾大学
	杉山 将	理化学研究所／東京大学
	田中 健一	三菱電機（株）
	久田 真	東北大学
	前川 宏一	東京大学
	若原 敏裕	清水建設（株）

日 時	平成 29 年 9 月 11 日（月）13：00～15：00
場 所	九州大学 伊都キャンパス
教 室	センター2 号館 2407

SIP インフラ連携委員会

平成 29 年度 土木学会全国大会 研究討論会

1. 開催日時 : 平成 29 年 9 月 11 日 (月) 13 : 00~15 : 00
2. 場 所 : 九 州 大 学 伊都キャンパス センター2 号館 2407
3. 主催委員会名 : 土木学会 SIP インフラ連携委員会
4. 研究討論会タイトル :
Society5.0 (超スマート社会) におけるインフラの新たな維持管理・更新・
マネジメント — SIP インフラにおける AI を用いた技術革新とその可能性 —
5. 概 要 :
ICT を最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間とを融合させ、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」(Society5.0) の実現を目指すことが第五期科学技術基本計画によって示されている。SIP インフラはこの Society5.0 実現に貢献することを重要な目標としており、AI、IoT などを用い、インフラに関する新たな維持管理・更新・マネジメントに関する技術開発を行っている。本研究討論会では AI 技術の応用例の紹介、AI 技術をもとにした技術革新とインフラの維持管理の効率化との関係及び今後の可能性について議論する。特に、インフラの余寿命予測技術と AI 技術との融合を中心に、インフラのアセットマネジメントシステムの全国展開をも視座に入れた議論を行う。
6. 座 長 : 藤野 陽三 (横浜国立大学)
7. 話題提供者 (敬称略) :
櫻井 彰人 (慶應義塾大学)
杉山 将 (理化学研究所/東京大学)
田中 健一 (三菱電機)
久田 真 (東北大学)
前川 宏一 (東京大学)
若原 敏裕 (清水建設)
8. 討論会の進め方 (予定) :
(1) 話題提供 (①及び③~⑥ ; 10 分、② ; 20 分) ;
① Society5.0 における 3 次元地図情報 PF とインフラ情報 DB (田中)
② これからの AI 技術の方向性 (杉山)
③ SIP インフラにおける余寿命予測技術・人工知能・情報 DB の取組み (若原)
④ 余寿命予測技術の紹介 (前川)
⑤ AI による余寿命予測技術との連携 (櫻井)
⑥ インフラ情報 DB の社会実装例 (久田)
(2) 全体討議 (50 分) ;
・大きな論点は、
① 先端技術により、インフラの ASM がどのように変わるか (発展するか)
② DB 化による恩恵、インフラ DB と 3 次元地図の連動による効果
③ その他、RC 床版から橋梁・トンネルへ、疲労劣化寿命予測からの発展

以 上

Society 5.0について

2017年9月11日

開発本部

田中 健一

三菱電機株式会社

© Mitsubishi Electric Corporation

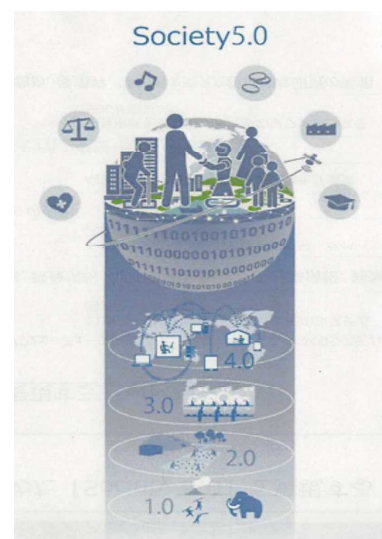
第5期科学技術基本計画(平成28～32年度)

第5期科学技術基本計画の4本柱

- i) 未来の産業創造と社会変革
 - ii) 経済・社会的な課題への対応
 - iii) 基盤的な力の強化
 - iv) 人材・知・資金の好循環システムの構築
- ※ i～ivの推進に際し、科学技術外交とも一体となり、戦略的に国際展開を図る視点が不可欠

< 世界に先駆けた「超スマート社会」 の実現 (Society 5.0) >

サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細やかに対応したモノやサービスを提供することで国内外の経済・社会的課題を解決し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることができる、人間中心の社会



基盤技術の推進の在り方に関する検討会 (2015/9月～10月)

メンバー:

総合科学技術・イノベーション会議議員、外部有識者14名

ミッション:

第5期科学技術基本計画、第2章「未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組」、超スマート社会の実現に必要な科学技術施策の特定(サービスプラットフォーム、基盤技術の推進手法、政府やCSTIが果たすべき役割など)

超スマート社会を実現するためにこのような取組みをこれからしていきましょうという、このことを、一言で表現する、安倍総理が好んで使いたくなるような名前を何かつけてあげると、一個一個が説明しやすいのではないかなというふうに、この間から何かもやもや考えておりましたが、今日、皆様の議論を聞いてそういうことなんだなって自分も分かりましたので、取組みに対して何か良い名称を付けられないでしょうか。(内山田議員)

内山田議員からの御発言にありました全体を括る言葉は重要ですので、ぜひ全員、一人最低1件のご提案をいただきたいと思います。(久間議員)

第4回基盤技術の推進の在り方に関する検討会議事録より

© Mitsubishi Electric Corporation 2

基本計画専門調査会 (2015/11/26)

メンバー:

総合科学技術・イノベーション会議議員、専門委員18名

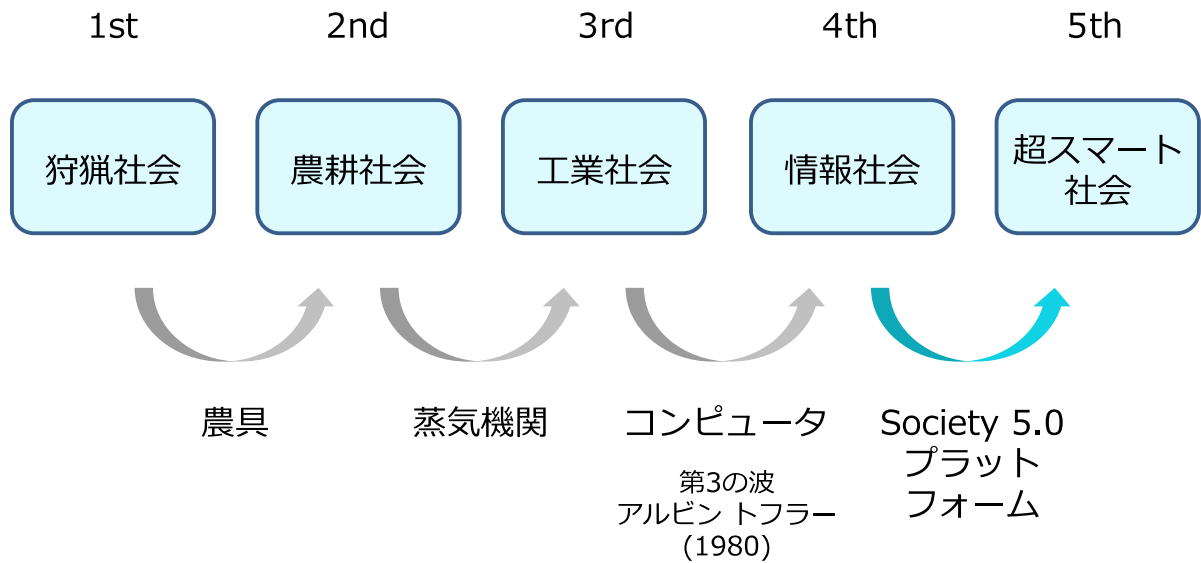
超スマート社会の取組みに対する名称として「Society 5.0」を選定し、第5期科学技術基本計画に、“世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0)”と記載

ダボス会議 (2016/1/20-23)

Issue Briefing: Advancing towards a Super Smart Society

Learn in depth about the concept of Society 5.0, which merges digital and physical worlds for greater societal well-being.

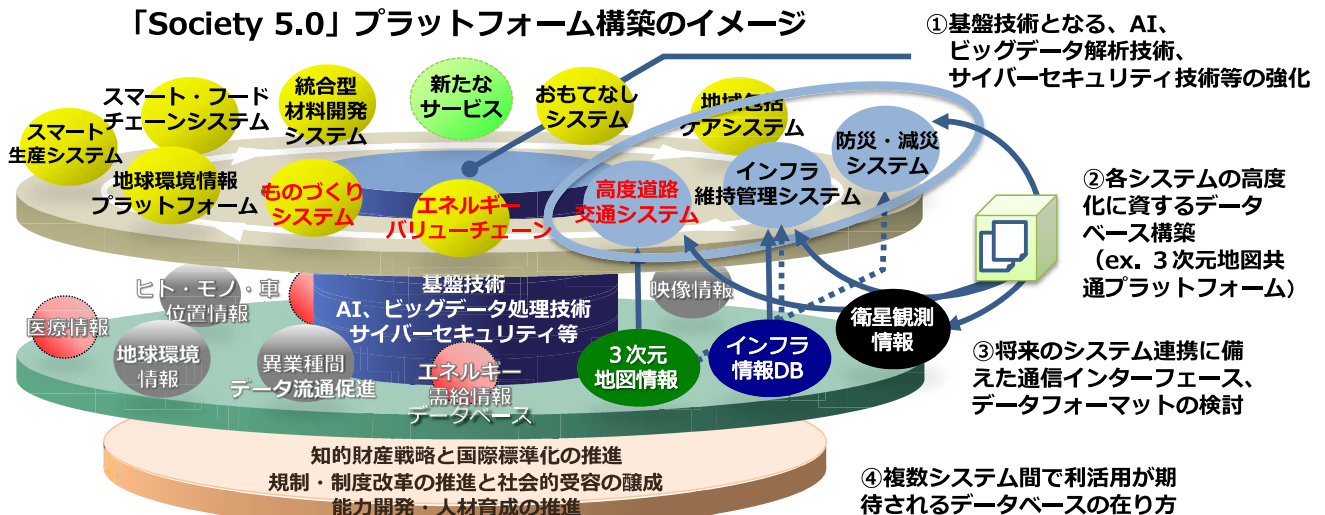
(中西宏明議員)



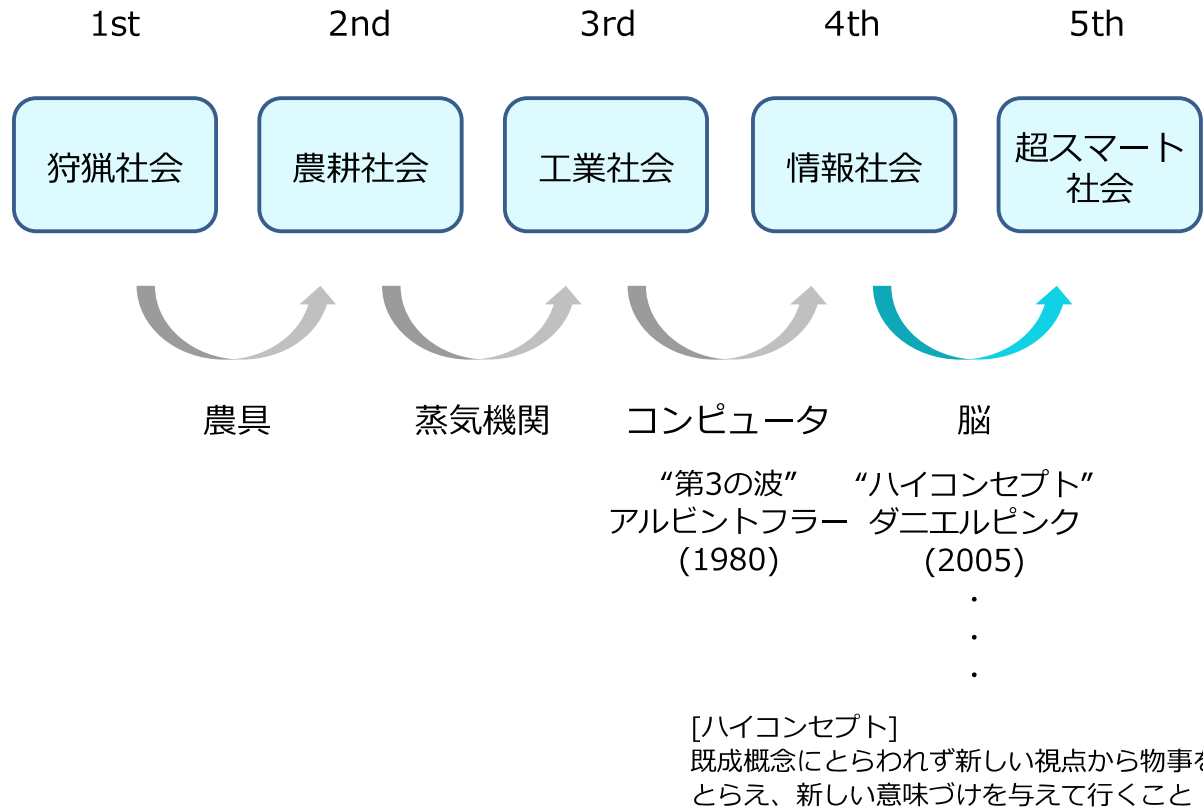
「Society 5.0」プラットフォーム構築に向けて

- ①基盤技術であるAI、ビッグデータ解析技術、サイバーセキュリティ技術等の強化
- ②各システムの高度化に資するデータベース構築
- ③将来のシステム間連携に備えた通信インターフェース、データフォーマットの検討
- ④複数のシステム間で利活用が期待されるデータベースの在り方

「Society 5.0」プラットフォーム構築のイメージ



4th → 5thのドライビング・フォース



これからのAI技術の 方向性

理化学研究所 革新知能統合研究センター センター長
東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授



杉山 将



発表の流れ

2

1. 研究業界の動向
2. 理研AIPセンターの取り組み
3. 今後の展望

研究分野の発展の歴史

3

■ 人工知能研究

- 1次ブーム(1960年頃):
記号処理, 論理推論
- 2次ブーム(1980年頃):
エキスパートシステム

■ ニューラルネット研究

- 1次ブーム(1960年頃):
パーセプトロン(1層)
- 2次ブーム(1990年頃):
誤差逆伝播法(多層)

3次ブーム
(現在)

■ 機械学習(2000年頃~)

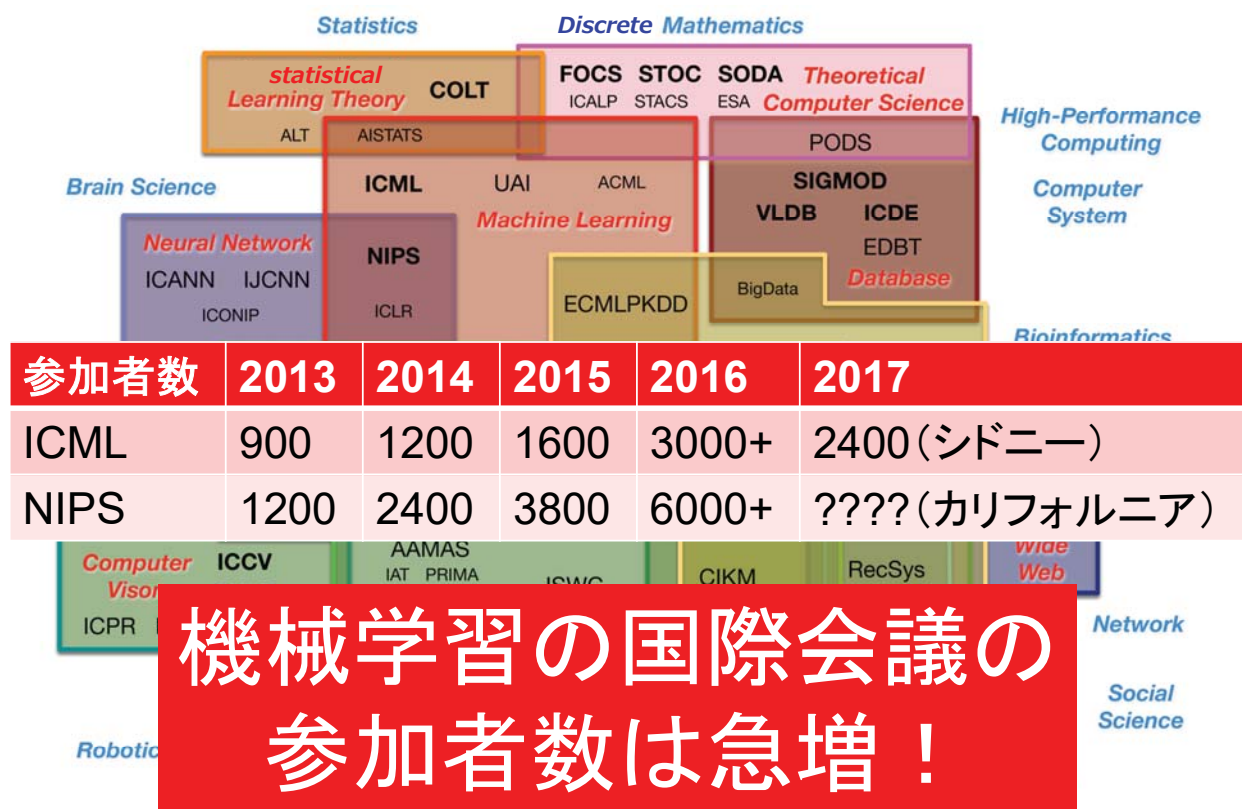
- 統計・最適化理論に基づく凸学習アルゴリズム

■ 深層学習(2010年頃~)

- ヒューリスティックに基づく非凸学習アルゴリズム

■ 教師付き学習→教師なし学習→強化学習

「人工知能」に関する国際会議 4





発表の流れ

1. 研究業界の動向
2. 理研AIPセンターの取り組み
3. 今後の展望

理化学研究所 革新知能統合研究(AIP)センター

7

■ 2016年度より10年間

■ 取り組みの5本柱:

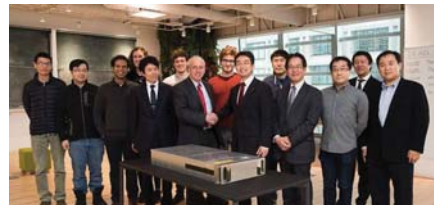
1. 次世代基盤技術開発
2. サイエンスを発達
3. 社会実装に貢献
4. 倫理・社会的課題への対応
5. 人材育成



日本橋駅直結のオフィス
ディスカッションスペースを設置



NVIDIA DGX-1を24台(半精度4PFLOPS)
世界4位(2017/6)の電力効率(10GFLOPS/W)



AIPセンターの研究戦略1: 10年後を見据えた基礎研究を推進

8

■ 主要な応用研究は予算規模の勝負:

- Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft...

■ 基礎研究は未だ個人勝負:

- AlphaGoはDeepMindの少数の研究者の成果

■ 深層学習で太刀打ちできない難題解決を 目指した次世代AI基盤技術を開発する

AIPセンターの研究戦略2: 応用研究は強力なパートナーと連携

9

■ 日本が強いサイエンス分野をAIで更に強化:

- 再生医療: 京都大学iPS細胞研究所
- モノづくり: 名古屋大学価値創造研究センター
- マテリアル: 物質・材料研究機構

■ 国内で取り組む必要のある社会的課題:

- 高齢者ヘルスケア: 国立がん研究センター, 東北メディカル・メガバンク機構
- 防災・減災: 防災科学技術研究所, 内閣府SIP防災
- 橋梁・トンネル等の検査: 内閣府SIPインフラ

AIPセンターの研究戦略3: AIの社会的影響を分析

10

■ 人工知能技術が社会に浸透する際の 倫理的・法的・社会的影響の分析

■ 人工知能の倫理的課題を数理的に解決:

- プライバシ, セキュリティ, 公平性

AIPセンターの研究戦略4： 人材育成を重視

11

- **現状**：日本のAI研究者は層が薄い
- **高度な研究開発人材**を育成：
 - 国内大学の非常勤研究者経由で優秀な学生を集める
 - 産業界の優秀な研究者・エンジニアを集める（幅広い分野の企業と連携）
 - 海外の大学・研究所から優秀な学生・研究者を集める（米・英・独・中・韓などの組織と連携）



理研AIP-富士通／NEC／
東芝連携センターの設置
（2017年3月10日）



Berlin Big Data Center
と覚書を締結
（2017年3月15日）

AIPセンターの研究体制

12

2017年8月1日現在

世界を取り巻く広範な人工知能の応用分野
（企業・大学・研究所・理研内他センターなど）

目的指向基盤技術研究グループ：
実世界の複雑な問題を解決可能な形に抽象化
（PI:22名，研究員等:46名，研修生等:41名）

汎用基盤技術研究グループ：
抽象化された問題を解決する汎用技術の開発
（PI:18名，研究員等:50名，研修生等:43名）

社会における人工知能研究グループ：
人工知能の普及に伴う社会的影響を分析
（PI:8名，研究員等:10名）

総勢
250名
以上

NEC
富士通
東芝
連携センター
（PI:5名，
研究員等：
20名）

1. 研究業界の動向
2. 理研AIPセンターの取り組み
3. 今後の展望

日本が進むべき方向

14

- 日本の人工知能研究は、予算・人数・論文数においてアメリカより2桁少ない
 - アメリカの流行を追っても勝ち目はない
- 日本が取るべき戦略：
 - 基礎研究を重視し、次世代技術の主導権を握る
 - 国内の社会課題に特化し、貴重なデータを有効活用
- 国際的な人材難：
 - 優秀な人材を海外から積極的に登用する必要性
 - 海外の組織との連携を活発に

これからこの分野に 参入される方へ

15

■ 人工知能時代に必要とされる技能:

- 線形代数, 微分積分, 確率統計などの基礎数学
- Pythonなどによるプログラミング
- 特定の応用分野の専門知識

■ 様々な学習手法の幅広い知識が実応用では重要

- 深層学習は優れているが, 全てではない

機械学習研究の今後

16

- 画像認識, 音声認識, 機械翻訳などで, 人間と同等かそれ以上の性能を達成
- しかし, 応用分野によっては, 教師付きビッグデータを簡単に取れない
- 限られた情報からの学習が重要!





SIPインフラにおける 余寿命予測技術 人工知能 情報データベースの取組み

清水建設(株)技術研究所 若原 敏裕
SIPインフラ サブプログラムディレクター



2017年度以降の活動の方向性



インフラ維持管理の「ありたい姿」

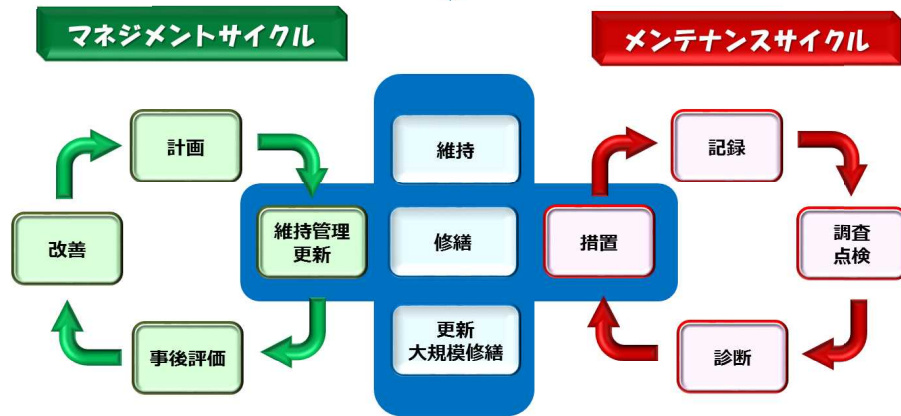
- 発注方式の変更
- 点検要領の改定
- 予算立ての見直し
- PPP/PFI

意思決定のための支援ツール
・ 余寿命予測技術、A I
・ 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

パブリックセクター

プライベートセクター



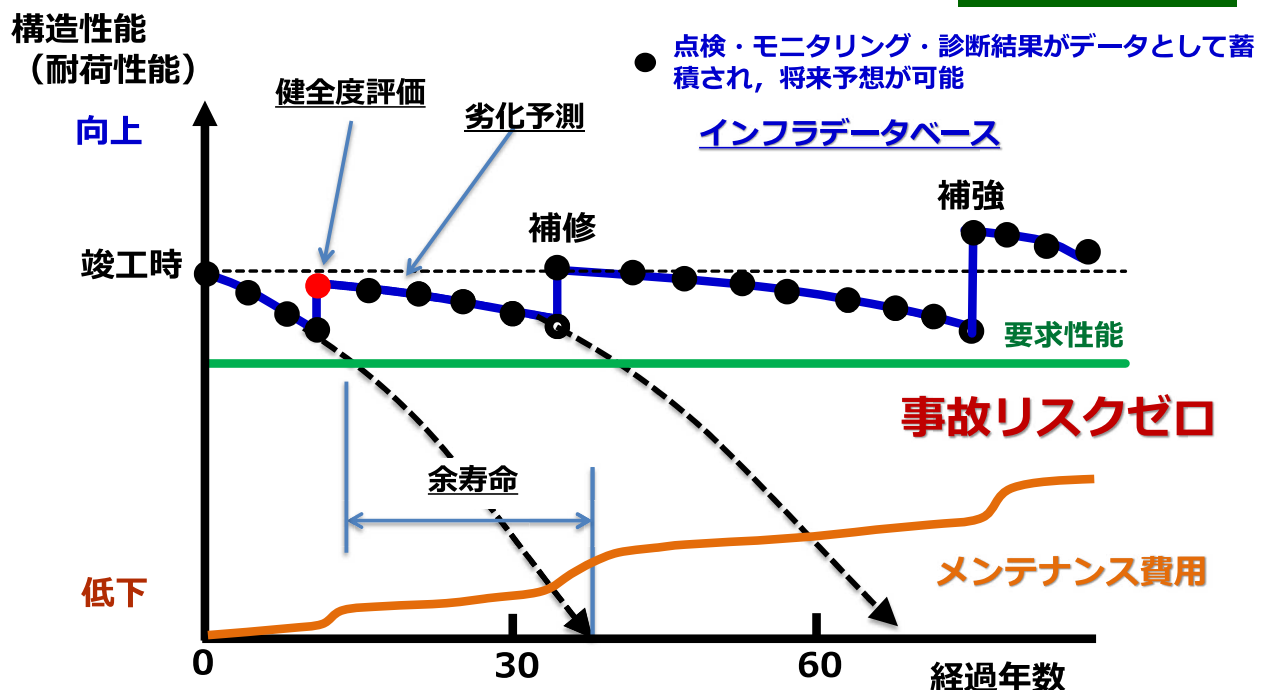
診断・余寿命予測モデル

- 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

インフラの長寿命化を支える効果的な維持管理

損傷を予測して補修・補強

予防保全

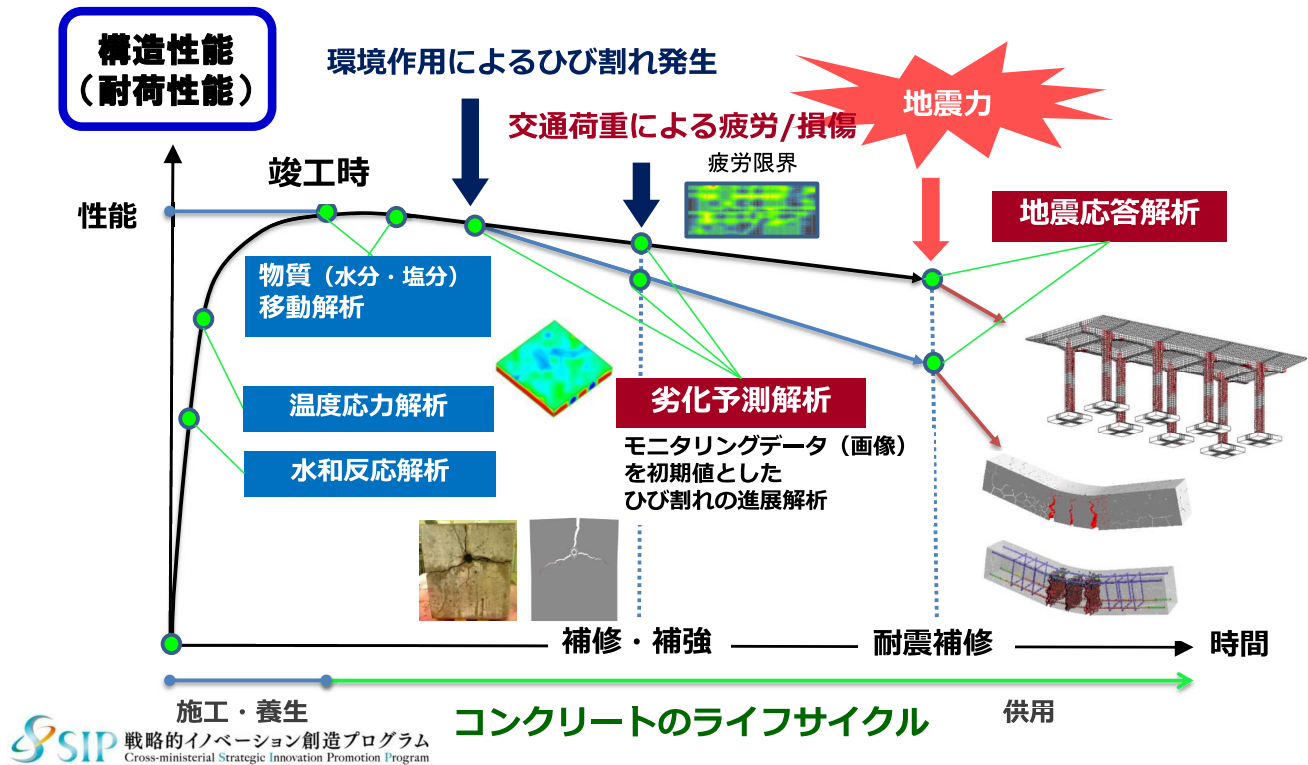


点検・モニタリングから劣化を事前予測し、補修・補強工事を計画的に実施

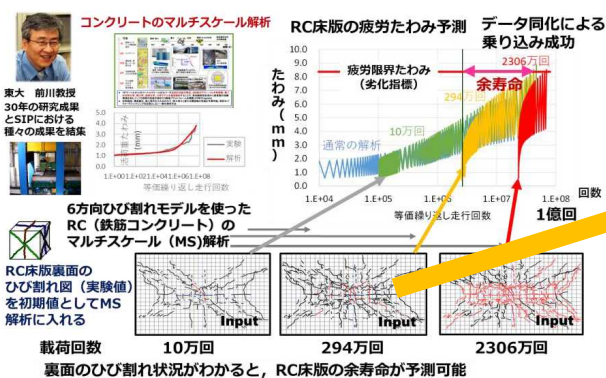
⇒ ライフサイクルコストは小さい。4

コンクリート構造のマルチスケール解析 = 余寿命予測解析

- ・ コンクリート構造物の設計・施工・維持管理の一貫照査
- ・ データ同化により、モニタリングデータから解析を通じた余寿命予測解析
(AI技術の応用)



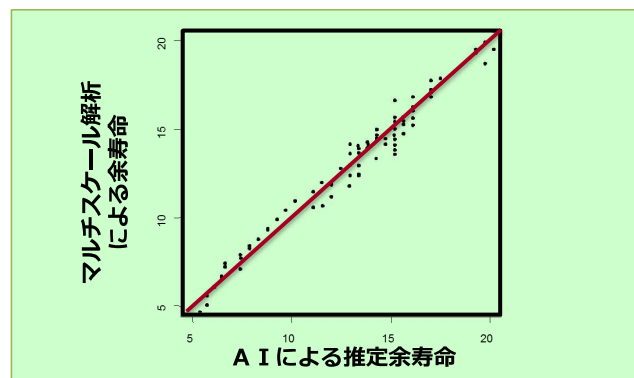
A I を用いたRC床版下面クラック画像からの余寿命簡易予測



- 余寿命が簡易かつ精度よく推定可能
 - ▼ 数値シミュレーション → 簡便な計算
 - ▼ 余寿命 ± 0.6 年 (寿命20年に正規化)

- 課題と対応
 - ▼ データの偏り

多量のデータの収集
▼ 単一の負荷条件
→ 計算モデルの高度化



インフラ維持管理におけるA I 技術の展開



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

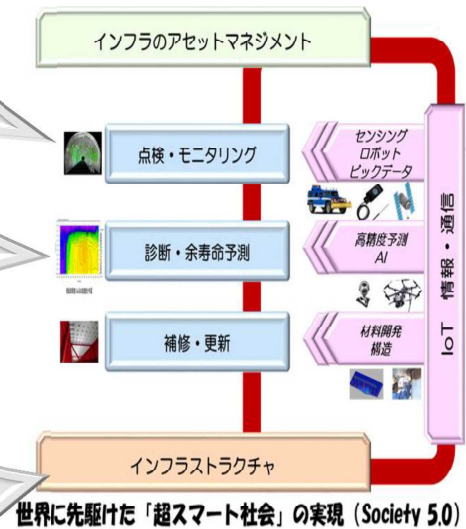
情報の保存、共有化の支援

- 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

新たな維持管理への期待

- 非専門家によるインフラ点検の実施へのAIサポート
- 常設モニタリングの低廉化による販路拡大
- インフラデータの応用範囲の拡大

構造特性、地域特性、環境特性に応じた
余寿命予測へ



インフラ維持管理におけるA I 技術の展開



1) 現在

- ・ 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、重要な作業への注力をAIで、
 詳細な判断、検査対象の絞り込み

例：打音検査

- ・ 今までできなかったことをAIで！
 常設モニタリングシステムへの応用

例：漏水検知

2) 将来

- ・ 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

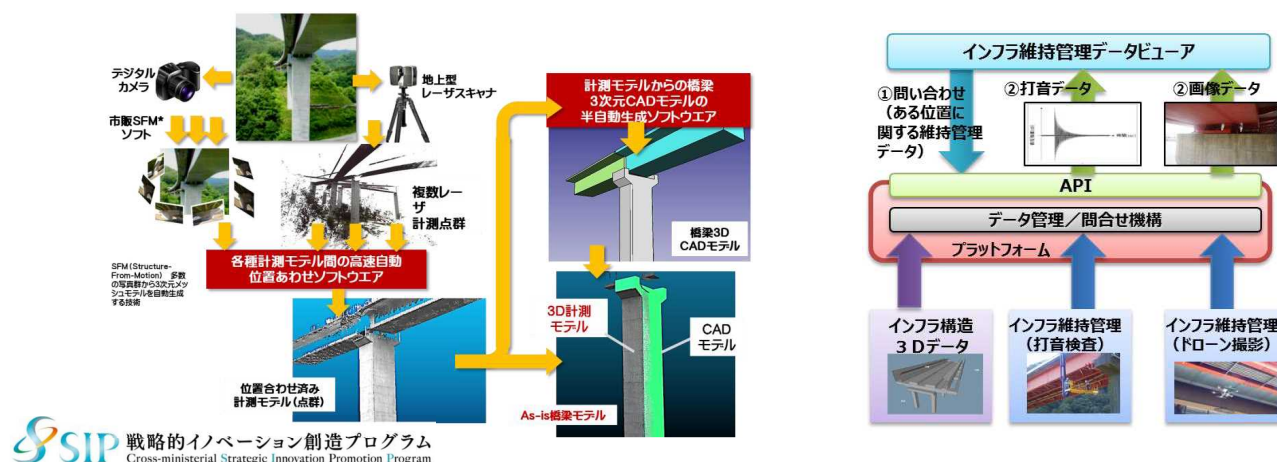
- ・ 小規模インフラ対象：
 AI化によるサポートで、非専門家による自主的な
 点検・管理の実現



現状の課題

機械学習のためのデータ取得において、量と質の確保が困難であり、また、コストがかかる（高い）

AIの出力結果に対する説明責任。精度と説明可能性のトレードオフがあり、二兎を得るのは困難

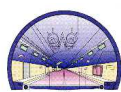


SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

インフラデータベースと3次元地図情報共通プラットフォーム

- インフラ維持管理、防災、自動車自動運転に関わる空間データを扱うプラットフォーム
 - 多様なデータ空間データ管理機能
 - 3D地図情報、インフラ維持管理向け情報、防災向け情報、自動運転における静的道路情報など.....

アプリケーション



三次元地図

インフラ維持管理情報

インフラ工事による交通量予測

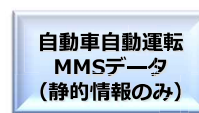
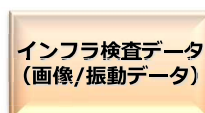
避難経路シミュレーション

自動運転支援情報

プラットフォーム

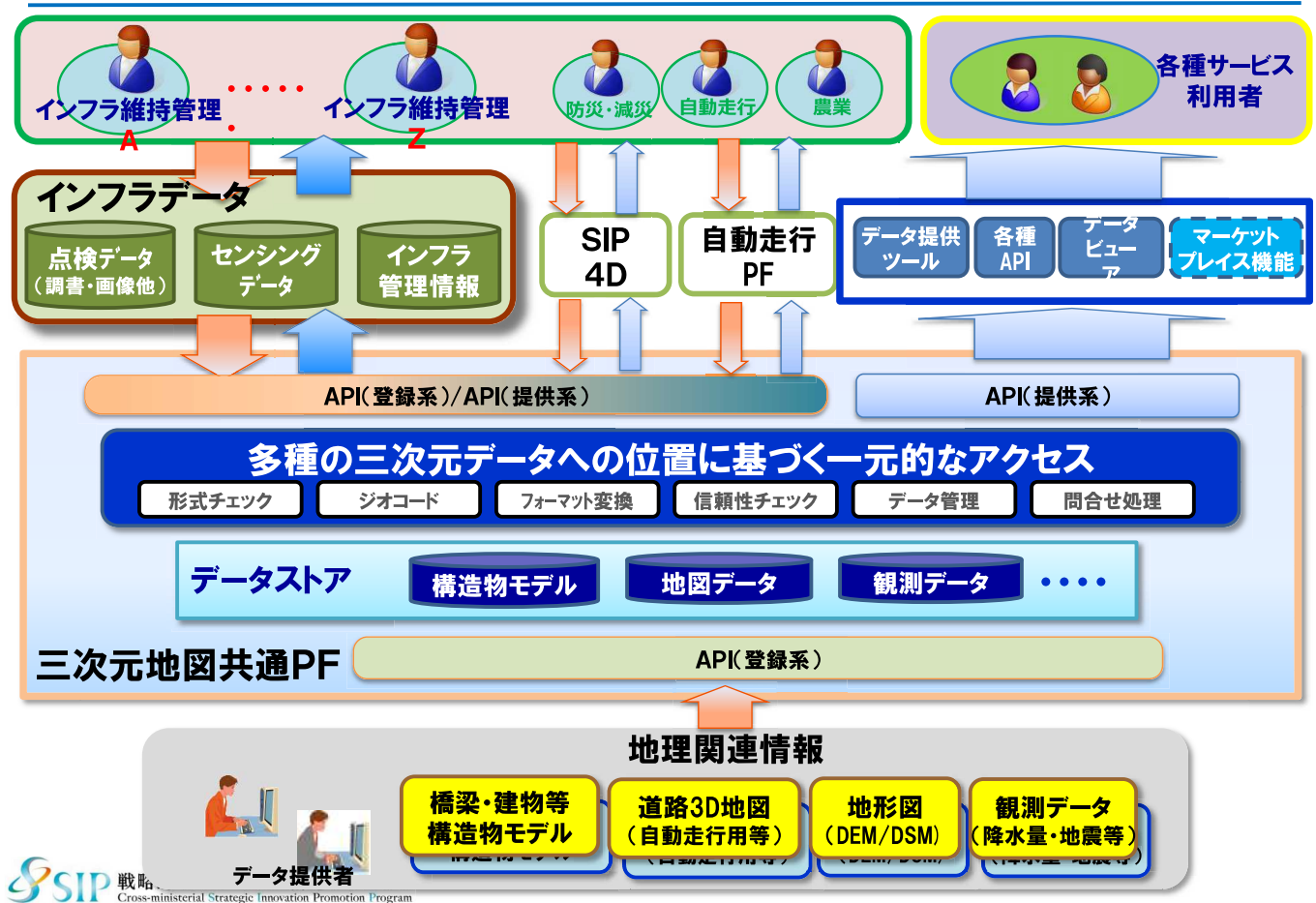
N-1-M対応可能な3D地図をベースの共通プラットフォーム
相違なデータに対するポータル機能
対象データに関する問合せ機能 (APIとして実現)

データベース

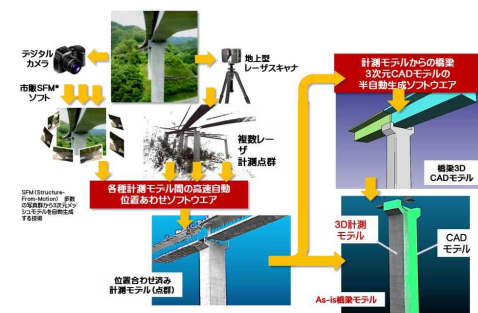


現実世界

3次元地図共通プラットフォームの利用イメージ

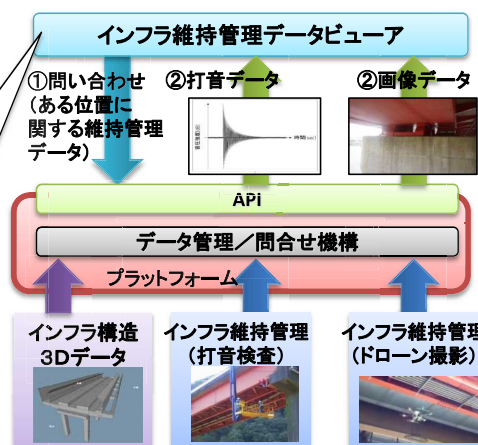
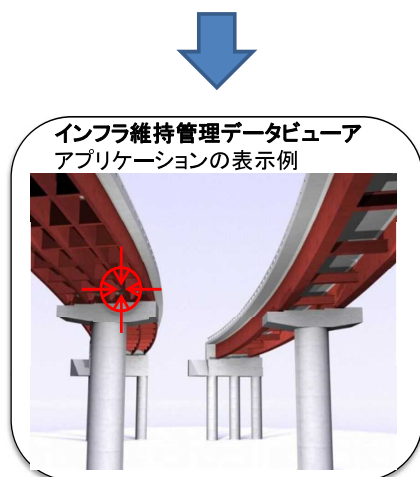


インフラ維持管理情報へのアクセス



橋梁やトンネルなどのインフラの維持管理情報と位置情報をリンク

- 位置情報付き維持管理情報を入力
 - 画像データ、打音検査データ、モニタリングデータ
- 位置情報から当該箇所の過去の維持管理情報を出力



位置情報入力または3D表示上の箇所にマウスなどをあわせる

当該位置付近の過去の維持管理情報を表示・再生



3次元地図情報共通プラットフォーム

API (アプリケーションプログラミングインターフェース) データフォーマット

3次元地図にあるインフラ位置情報に埋め込むデータ (=アセットマネジメントと連動)

	アイテム	更新履歴	設計時	竣工時	常時	点検時	補修・補強	被災時	セキュリティレベル (公開レベル)
常時 (自動走行)	診断結果(1~5) 基準満足度				●				↑ 公開情報
	詳細診断結果 解析・分析結果					●			
	点検データ 画像・映像・データ					●			
	補修・補強履歴						●		
非常時 (防災・減災)	モニタリングデータ ・累積荷重(活荷重) ・各種センサーデータ ・地震応答観測データ ・衛星監視データ				●			●	↑ 点検技術者
	施工記録 (竣工時の工事記録)			○			●		
	設計図書 (設計図面、他)		○				●		↑ 管理技術者
	活荷重レベル (設計時の活荷重)		○						
	耐震設計規準 (設計時の地震荷重)		○						

3次元地図情報共通プラットフォーム

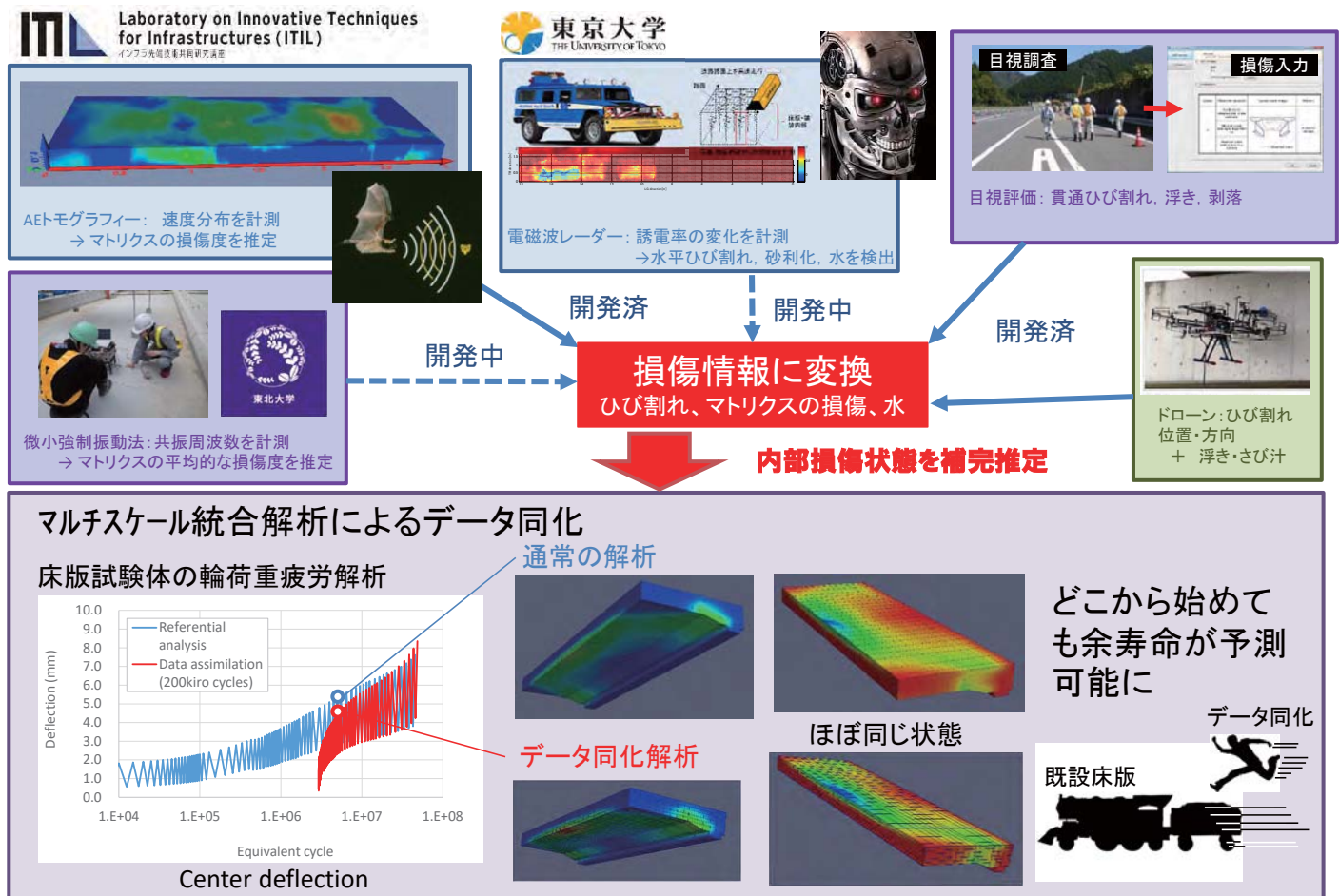
API (アプリケーションプログラミングインターフェース) データフォーマット

プラットフォーム仕様検討 = 5月末に終了済み

残り2年間は、

- ・アプリケーション (Viewer)の構築
- ・インフラへのIC・TAG設置 (土木研究所)
インフラマイナンバー制度
地図情報との連動=データベースへのインデックス
- ・データベースの構築
インフラ維持管理データとGISとの連携
地域実装支援チーム (複数チーム) が始動
東北大 (山形県・宮城県)、他、始動中

生存時間解析を用いた道路橋RC床版の劣化定量分析
IRI (路面ラフネスインデックス) を道路舗装メンテナンスデータ



過去の点検情報からリスクスコア → 寿命推定対象の絞り込み

目的 Cox回帰分析による劣化因子予測の応用事例として分析結果の利用を行う

リスクスコアを利用した維持管理支援手法

$$h(t, x, \beta) = h_0(t) \exp(x\beta)$$

1 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

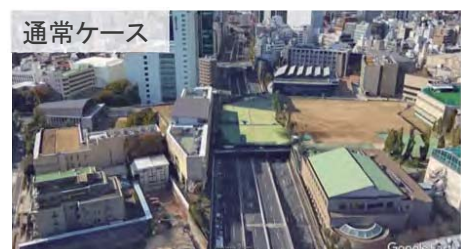
通常ケース

- 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

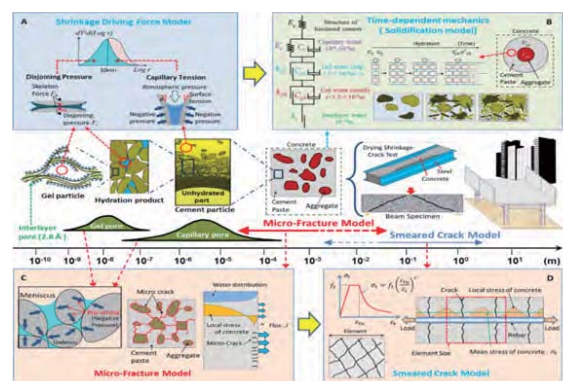
リスクスコアによる補強効果の検討



結果

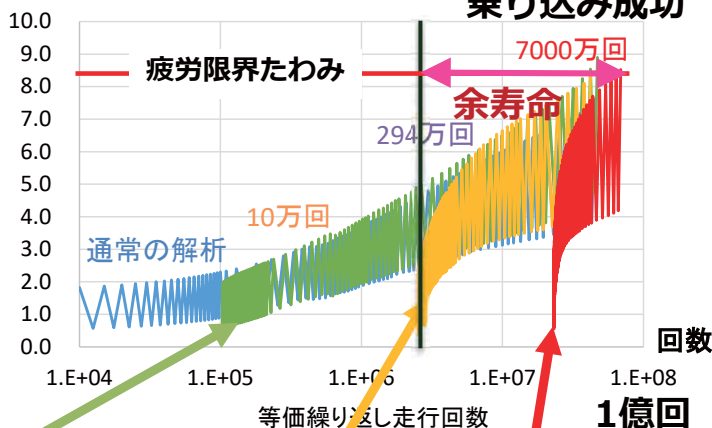
- 構造条件の変化による損傷リスクの低下が定量的・視覚的に明確となり、維持管理優先度決定などへの有効性を示す



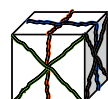


RC床版の疲労たわみ予測 データ同化による 乗り込み成功

たわみ (mm)
(劣化の指標)

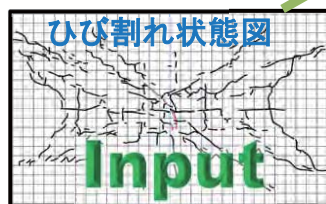


6方向ひび割れモデルで構造内部のひび割れを推定
Predictor-corrector法

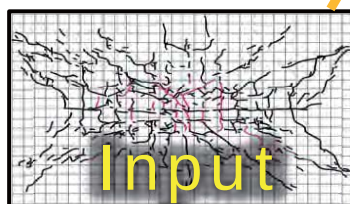


RC床版裏面のひび割れ図(実測)を初期値としてMS解析に

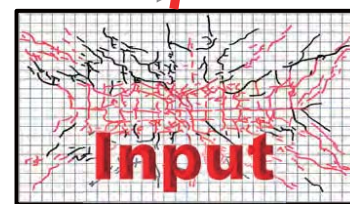
載荷回数



10万回



294万回



2306万回

裏面のひび割れ状況から, RC床版の内部損傷と余寿命を **predictor-corrector法** で推定

内閣府SIP抜粋

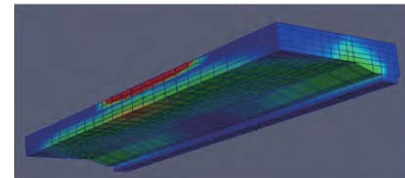
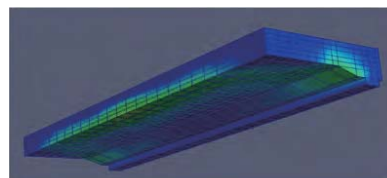
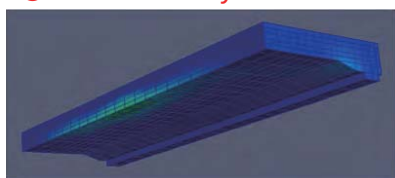
ひび割れ同化:実走行20万回(等価回数294万回)

① 2.94 million cycle

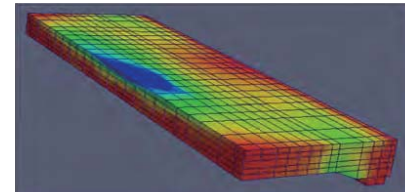
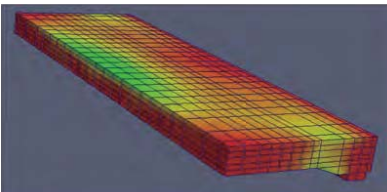
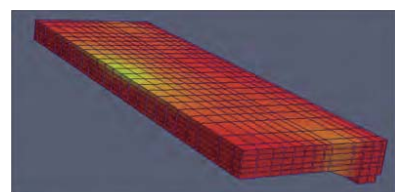
② 3.37 million cycle

③ 5.42 million cycle

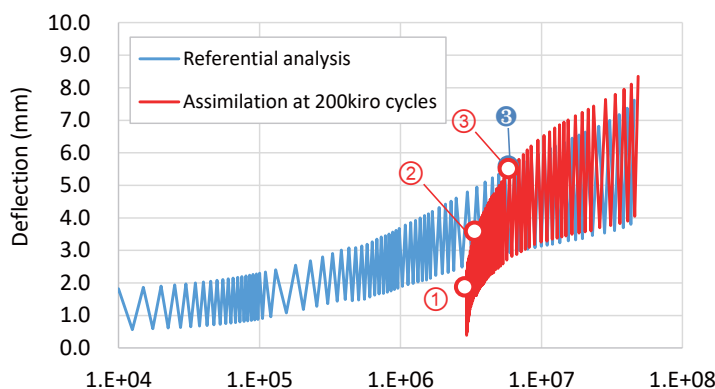
(a) Lower face



(b) Upper face



③ 5.42million cycle (Referential analysis)

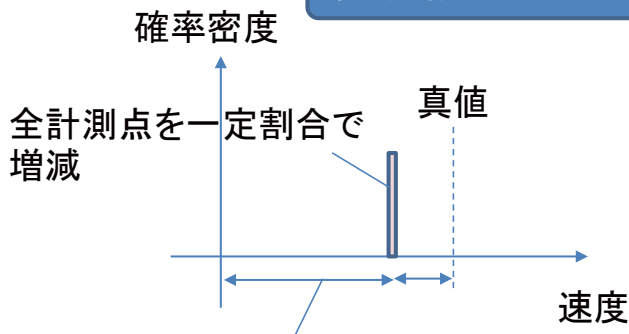


(c) Center deflection



変動(誤差)の与え方

解析方法

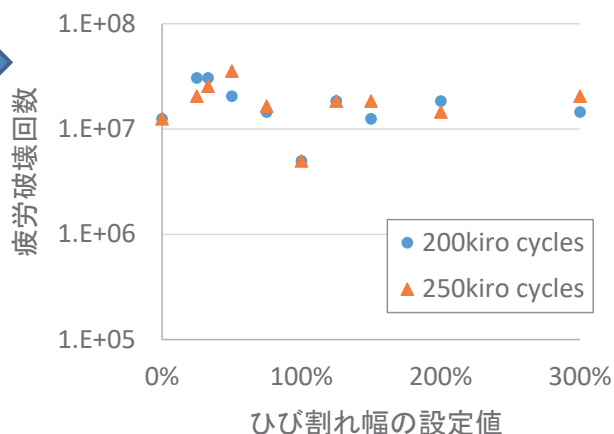
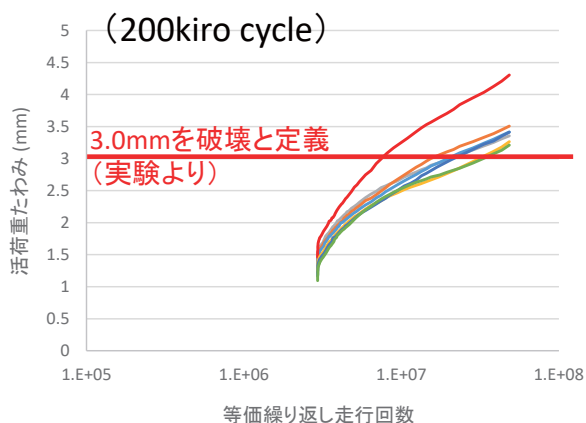


- ・ひび割れ幅に一定の係数を乗じる
- ・ひずみ分布を計算
- ・全節点を拘束し、収縮ひずみを与える
- ・節点拘束解放、載荷解析実行

ひび割れ幅 (25%, 33%, 50%, 75%, 125%, 150%, 200%, 300%)

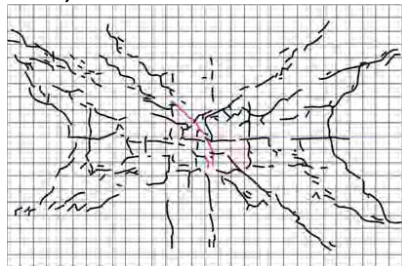
解析結果の例(活荷重たわみ)

ひび割れ幅の誤差と破壊回数の関係

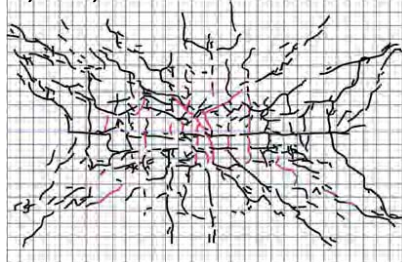


データ同化による床版の余寿命評価:方向パターンが大事

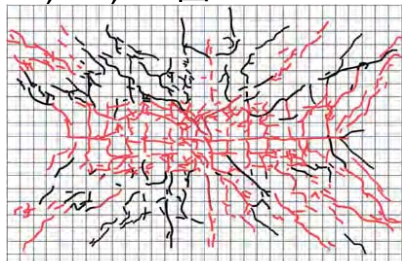
100,000回



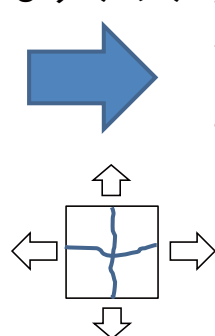
2,000,000回



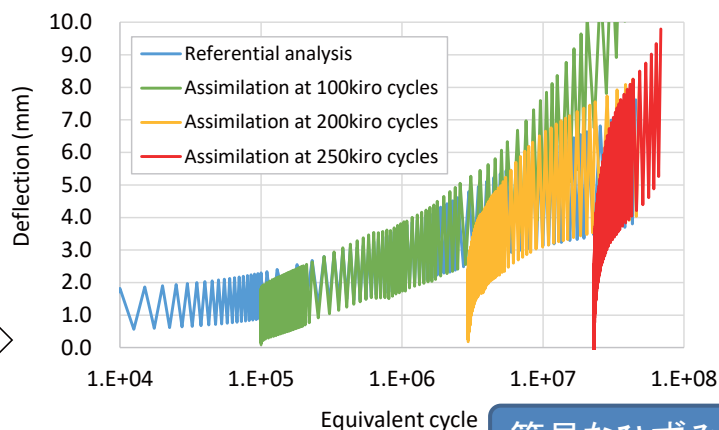
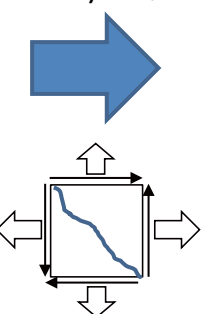
25,000,000回



X,Y 引張
ひずみのみ

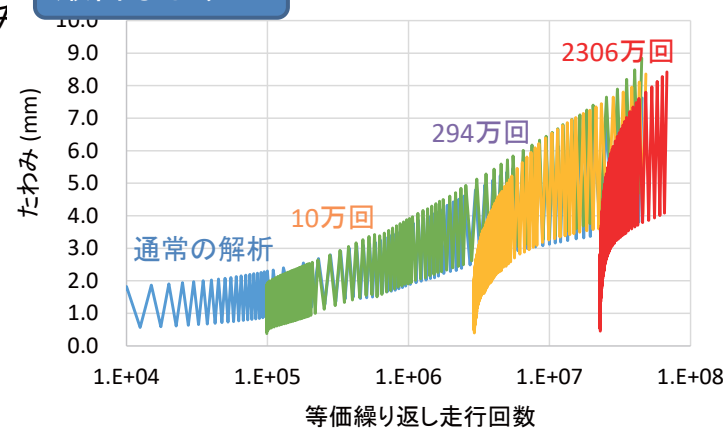


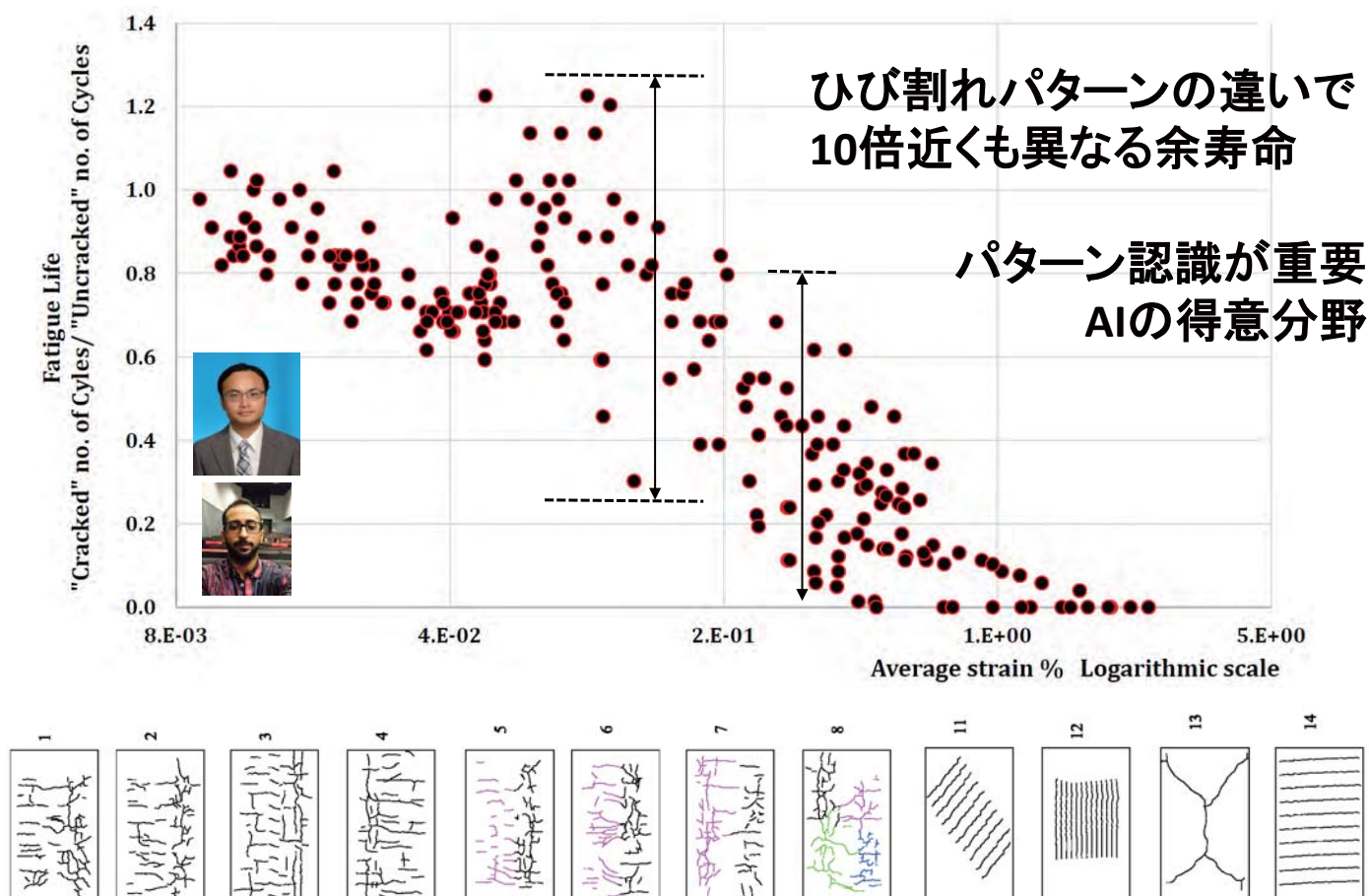
せん断ひずみ
(ひび割れの
方向)も考慮



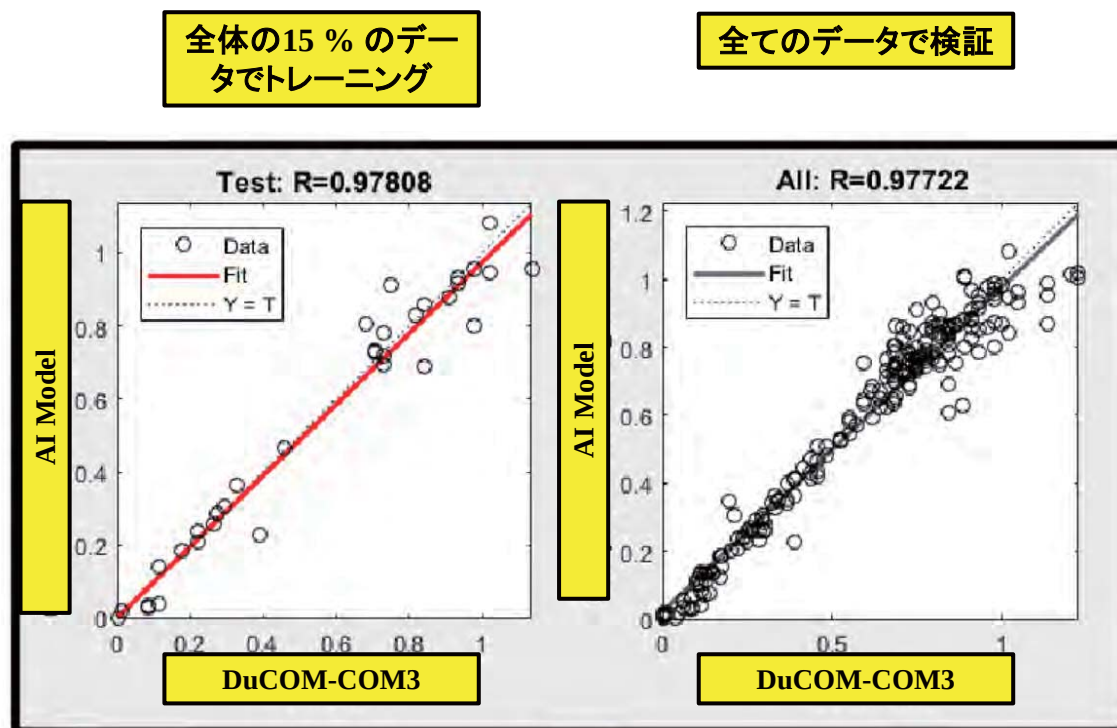
厳密なひずみ

簡易なひずみ





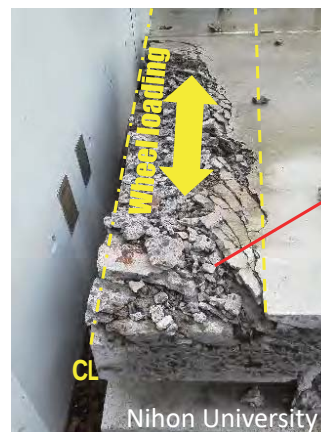
❖ ニューラルネットワークモデル: Eissa and Tanaka 2017



今のところ、力学指標と比較して、適合性が高い



Wheel loading test of RC slab specimen

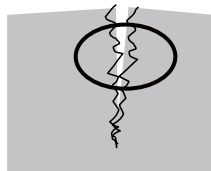


砂利化・土砂化の
進行→スラブの機
能喪失へ

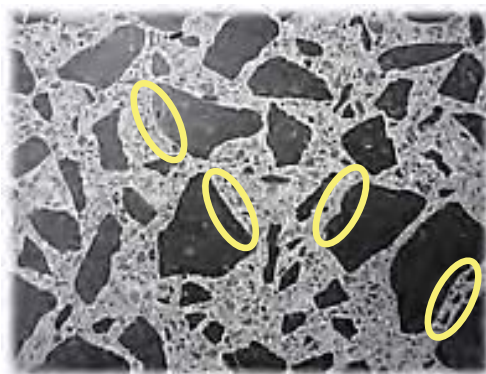
前島、岩城
2014 Journal of JSCE

Sawn specimen
after loading test

ひび割れ開閉→水圧変動→空隙内圧変動→砂利化



ひび割れ間の水圧変動(閉合時に上昇)



Capillary空隙内の水
圧変動に伝達
骨材の結合機能が損
傷→砂利化



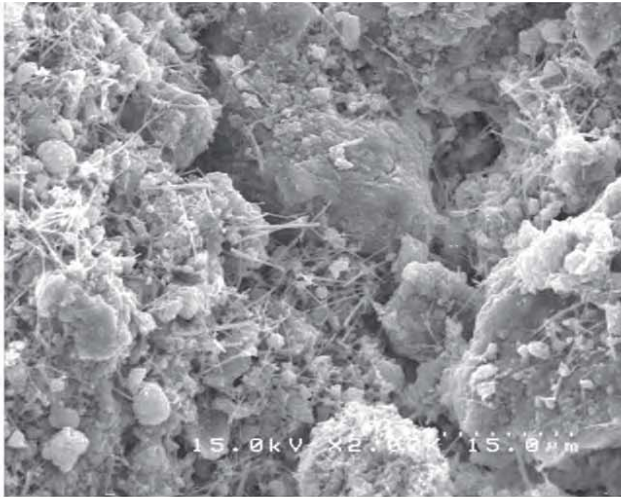
"cannot see the
forest for the trees"
(focus on the details, and
miss the main point: idiom)



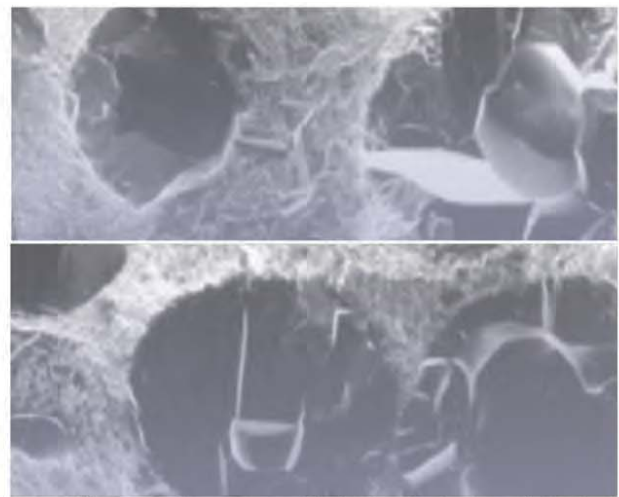
"Engineers shall see
both the forest and
the trees"



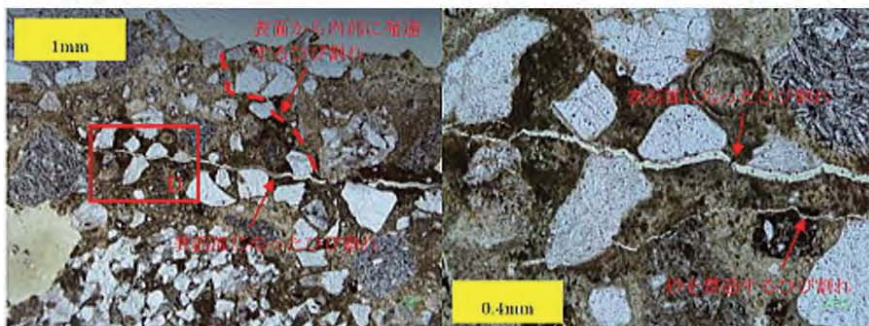
剛性・強度低下→
構造せん断力の負担機構の
変化、物質移動速度の変化
が連動



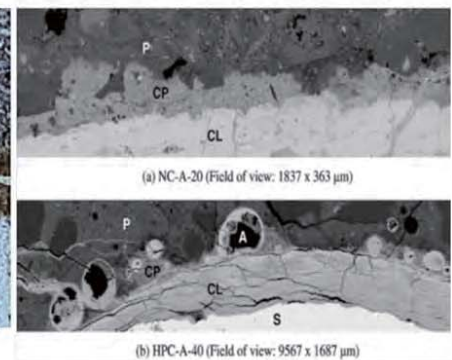
ナノスケール, CSH and Etringite



マイクロスケール, 微細気泡と氷の結晶
Cover-sheet; Journal of Advanced Concrete Tech.



ミリメートルスケール, ASR-corrosion-gels



高速での床版上面・舗装の状態評価技術の必要性



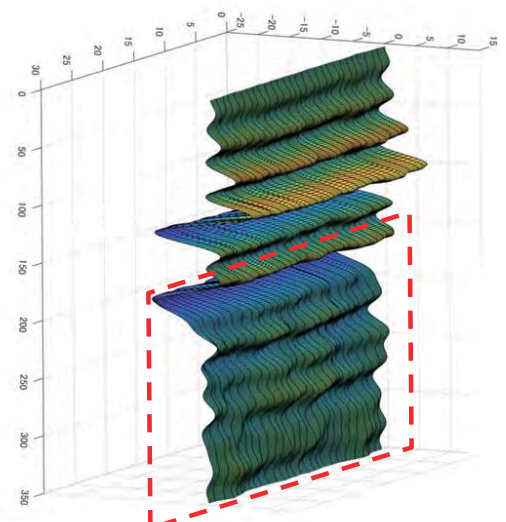
長さ15m以上の道路橋の総数: 約16万橋



舗装を剥がした
路面(床版)

人力ですべての
箇所を叩いて、
打音の異常を確認(打音試験)

従来の橋梁の床版の点検方法(要車線規制)
→ 膨大な時間とコスト

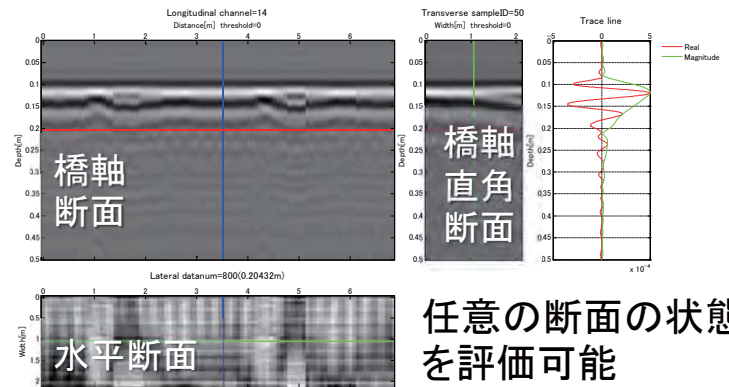




深さ方向

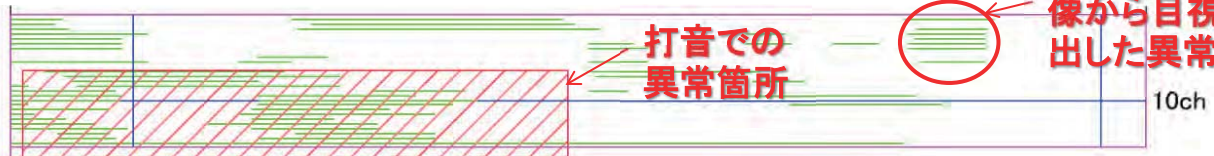
橋軸直角

橋軸方向

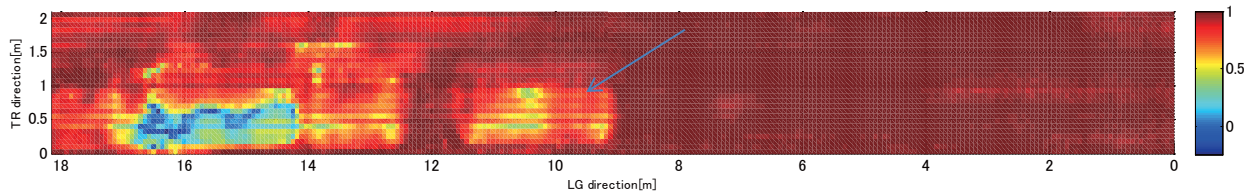


・打音試験の結果と商用ソフトを使った損傷検知の結果

橋梁を上から見た図

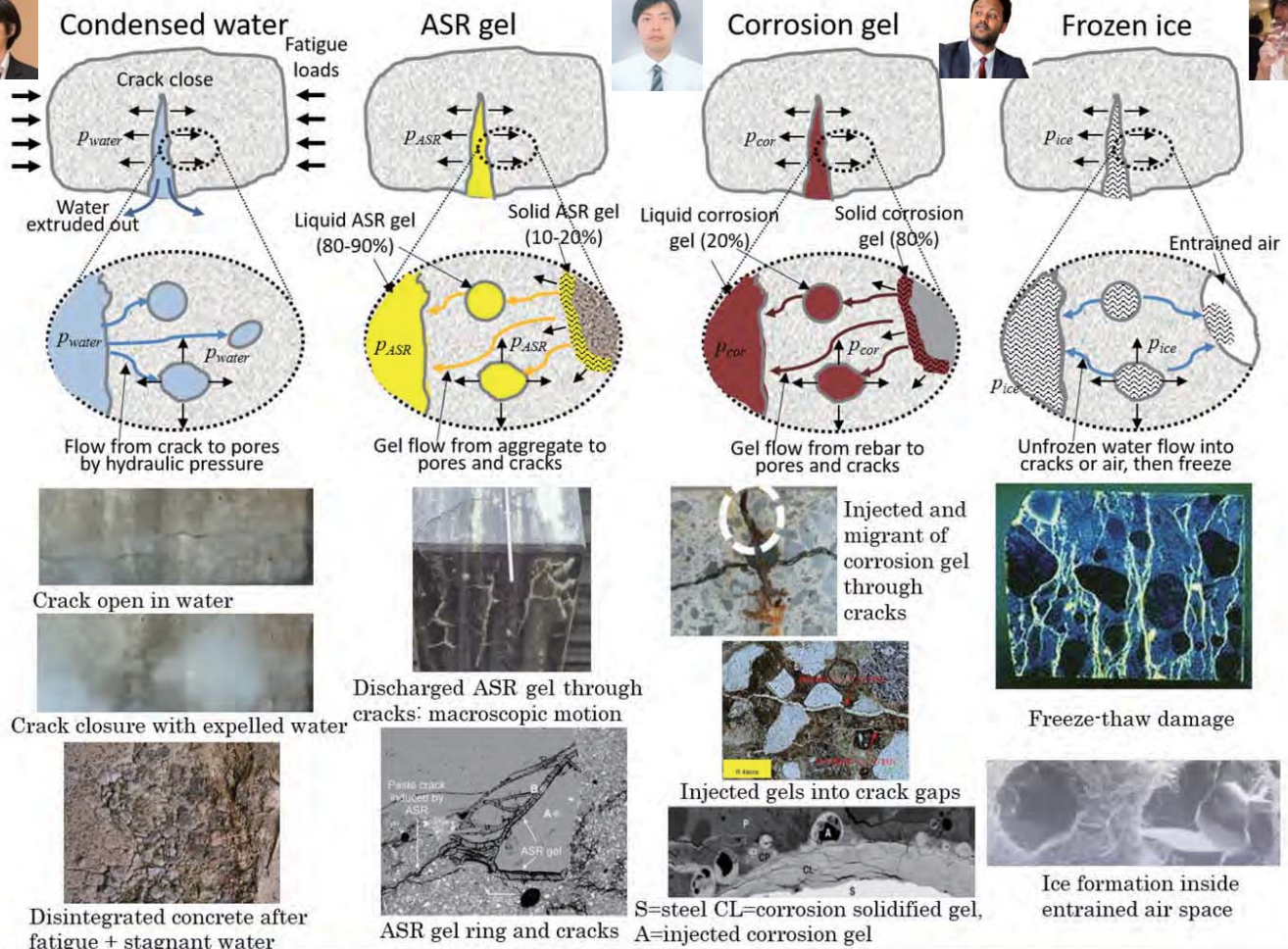


・信号処理により損傷レベルを評価した結果: 処理時間 数秒 低精度, 作業に1週間



構築したアルゴリズムにより高い精度で打音での異常箇所を検出。

間隙相モデルの一般化: ASR、腐食、凍結、滞留水





人工知能技術による点検・診断・管理の支援

2017年9月11日

慶應義塾大学理工学部

櫻井彰人

1

インフラの点検・診断・管理の支援

背景: ニーズの拡大とシーズの発展

- ニーズの拡大
 - 点検対象インフラの数・量の拡大
 - 維持管理のための人員・予算の不足・減少
- シーズの発展
 - 測定技術の開発、急速な発展
 - ドローン、カメラ、打音装置、レーザ、レーダー
 - 今後は、大量のセンサデータが利用可能に
 - 計測・情報・通信技術 (ICT, IoT) の進歩と普及

課題: データの量

- 利用目的(例):
 - 点検記録
 - (人間の解釈が含まれない)原データで記録する
 - 複数の記録を参照して、健全性を推定する
 - それをもとに、優先順位付け、補修計画策定、予算要求等
- 課題: 作業・判断を伴う、知識・経験が必要
 - 原データ(画像、波形)のままでは使えない
 - ひび割れ・うき等の認識
 - 紐づけなければ使えない
 - 関連性の認識(機械的な処理も多い)
 - 判断が必要
 - 補修の是非、優先順位、時期、予算

3

解決手段: ITとAIの活用

- 原データ(画像、波形)のままでは使えない
 - ひび割れ・うき等、人間が認識するための支援(IT)
 - それらを事例として機械学習(AI)
- 関連するデータを関連づける
 - 隣接画像の貼合せ、3Dデータへの貼付け(IT)
 - 類似条件・類似環境のデータとのリンク(AI)
 - 他のデータ(GIS、設計図面、補修履歴等)とのリンク(IT、AI)
- 判断の支援
 - 補修の是非、優先順位、時期、予算(IT)
 - 履歴中の類似例、他自治体等の類似例検索(AI)

4

SIPインフラで開発しているAI関連技術

活用対象	研究開発機関	内容
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、 構造物の異常箇所をリアルタイムで提示
	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、 リアルタイムに清濁音を判別支援
	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、教師有り学習に基づき、 浮きや割れを検出
画像処理	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、 背景を取り除き通過車両のみを検出
	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 ひび割れ損傷検知
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 漏水箇所を特定
	農研機構	農業用管水路を対象とした小型潜水艦型漏水探査ロボットが収集した音データに機械学習を適用し、 漏水有無を判断
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、 空港舗装体の内部の変状を把握
	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、 路面下の空洞や埋設物敷設状況を診断
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、 床版下面のひび割れ状況から余寿命を推定



5

解決手段: ITとAIの活用

将来展望: AI技術応用

枠組み

・認識系

- ・画像認識(ディープラーニング)
- ・音認識

・検索系

- ・類似データ、関連データの検索

・意思決定支援

- ・判断、最適化、計画
- ・代替案提示、類似案検索
- ・ITとの融合

- ・原データ(画像、波形)のみでは使えない
 - ・ひび割れ・うき等、人間が認識するための支援(IT)
 - ・それらを事例として機械学習(AI)
- ・関連するデータを関連づける
 - ・隣接画像の貼合せ、3Dデータへの貼付け(IT)
 - ・類似条件・環境のデータとのリンク(AI)
- ・他のデータ(GIS、設計図面、補修履歴等)とのリンク(IT、AI)
- ・判断の支援
 - ・補修の是非、優先順位、時期、予算(IT)
 - ・履歴中の類似例、他自治体等の類似例検索(AI)

6

インフラ情報データベースの社会実装と今後の展望

山形県道路橋梁メンテナンス統合データベースシステム
Integrated Database System of Bridge Maintenance ,Yamagata Pref.

DBMY

2017年9月11日

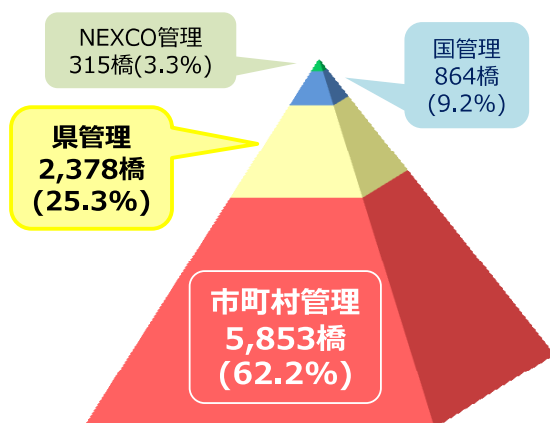
東北大学インフラマネジメント研究センター

久田 真

1

背景 ～ 山形県が抱える課題 DBMY

膨大な管理ストック



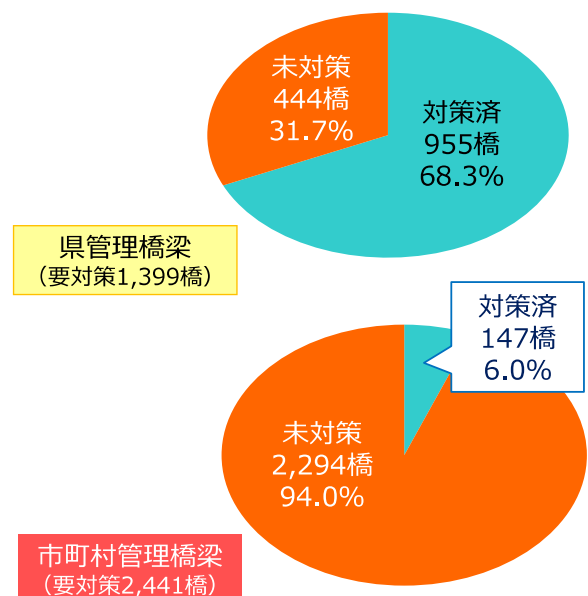
山形県内の道路橋 全9,410橋

自治体管理は
約8,200橋
(県内の橋の9割近く)

市町村管理は
約5,800橋
(県内の橋の約 2 / 3)

市町村の対策の遅れ

老朽橋対策進捗状況 (H27年度末)



市町村は、**予算、人員、技術力** において課題を抱える

2

H26.12.17 「山形県と東日本高速道路株式会社との包括的連携協定」

H27. 3.17 「道路インフラに関する協定」

東北大学インフラマネジメント研究センター



公益財団法人山形県建設技術センター

山形県県土整備部



H27.10. 9 「山形県道路メンテナンス産学官連携協議会」

【メンバー】 東北大学インフラマネジメント研究センター（協力：東京大学）

東日本高速道路株式会社東北支社

公益財団法人山形県建設技術センター

山形県県土整備部



（確認事項） ① 自治体（特に市町村）が抱える課題に「産学官の総力戦」で取組むこと

② データベースは、産学官連携による市町村支援の共通基盤



H28.9.30

東北大学インフラマネジメント研究センター、公益財団法人山形県建設技術センター、山形県が、データベースシステムの共同開発に着手（協力：東日本高速道路株式会社）

3

S I P 研究開発テーマ

高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータの処理・蓄積・解析・応用技術の開発

研究責任者：

東日本高速道路(株) 上田 功

自治体向け
インフラDBを開発

SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

・ 戦略的イノベーション創造プログラム) とは

内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクト。課題の一つに、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」がある。（内閣府ホームページより）

ニーズを
情報提供

成果を
提供

SIP成果「自治体向けインフラDB」を改良した、
山形県向けのデータベースシステム（DBMY）の共同開発・運営

東北大学
I M C

山形県

山形県建設
技術センター

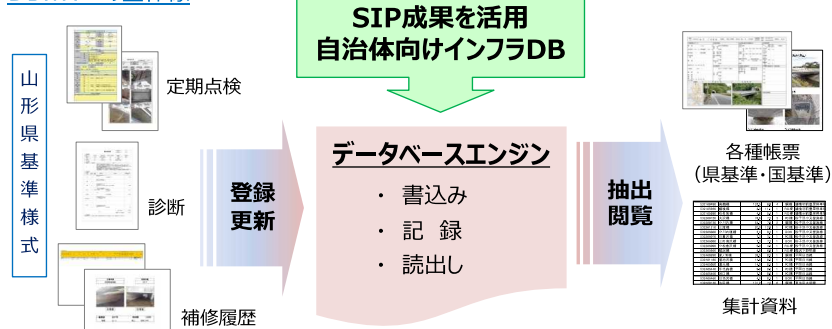
サービスの
提供

県内
全35
市町村

SIP成果活用のメリット

※ DBMYは、SIP成果「自治体向けインフラDB」を山形県用に改良する開発手法を採用

DBMY の全体像

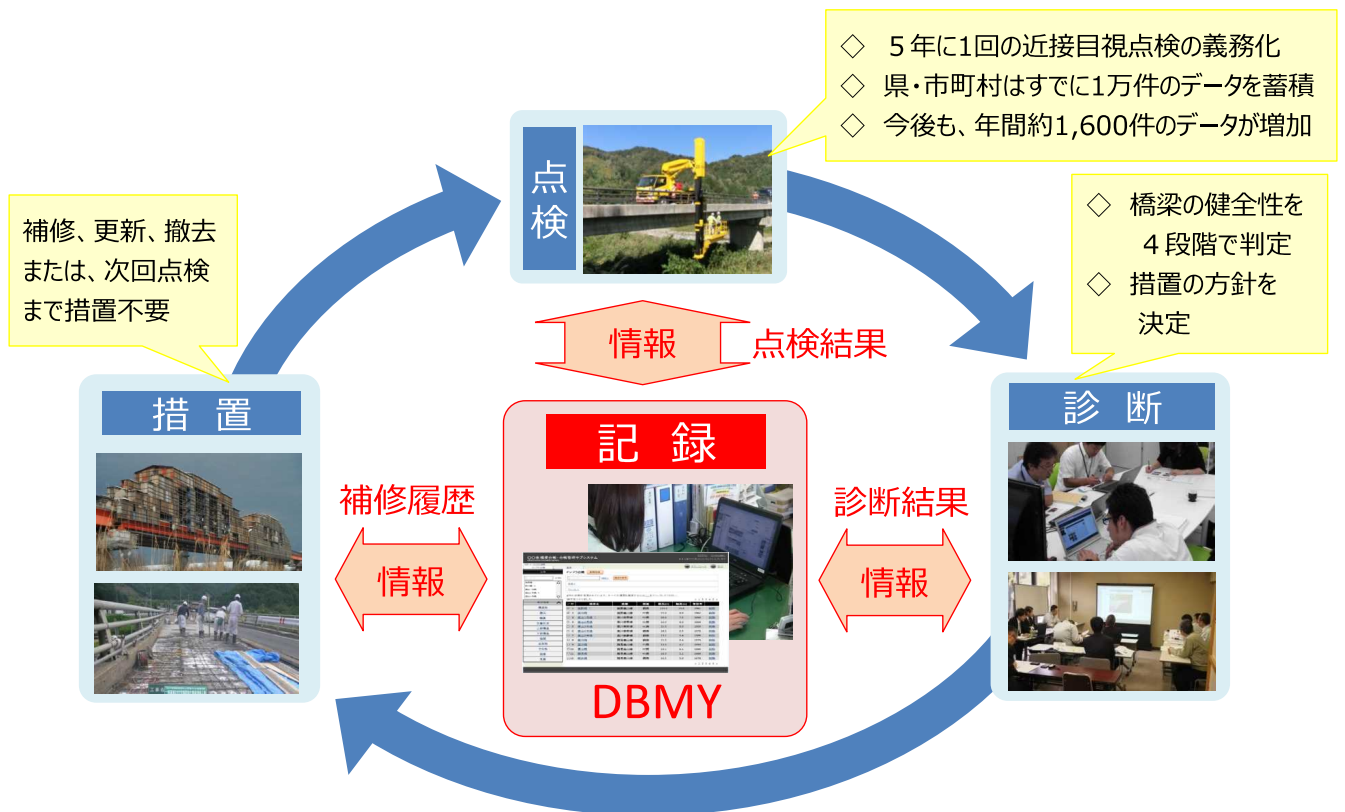


- 産学官連携による高い技術力
- 山形県の実情への適合性を両立した高品質で使いやすいデータベースシステム

短時間で・経済的に 導入実現

※ 市町村にも安価にサービスを提供

4



DBMY は、橋梁のメンテナンスサイクル（点検、診断、措置）の情報をデータベース化

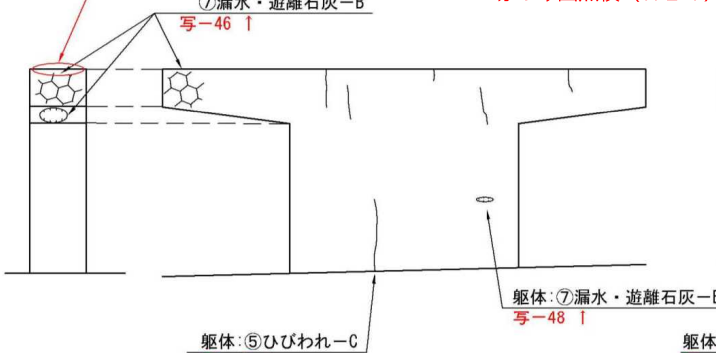
5



写真番号	45	写真番号(前回)		径間下部番号	P1	写真番号	46	写真番号(前回)	26	径間下部番号	P1
部材名	下部工: 躯体(橋台・橋脚): コンクリート					部材名	下部工: 躯体(橋台・橋脚): コンクリート				
損傷種類	06: 剥離・鉄筋露出・うき					損傷種類	05: ひびわれ				
											

躯体: ⑥剥離・鉄筋露出・うき-B
写-45 ↑

躯体: ⑤ひびわれ-C
⑦漏水・遊離石灰-B
写-46 ↑



躯体: ⑤ひびわれ-C
写-47 ↑

黒: 前回点検 (H19)

赤: 今回点検 (H24)

躯体: ⑦漏水・遊離石灰-B
写-48 ↑

躯体: ⑦漏水・遊離石灰-B
写-81 ↑

損傷情報

- 【 保有情報 】
- ・ 損傷の位置
 - ・ 損傷部材
 - ・ 損傷種類
 - ・ 損傷等級 など

損傷写真

損傷写真は、損傷情報と紐付けてデータベース化される

損傷図

山形県が定め、市町村も使用する「定期点検様式」の内容をそのままデータベース化

6

橋梁診断書						点検回数	2回目
						点検年次	2012
1. 橋梁諸元							
橋梁コード	400810370	総合支庁名	置賜総合支庁建設部	路線名	川西小国線		
橋梁名	置賜橋	架設年(西暦)	1979	橋種	PC橋		
橋長	57.0	幅員	12.0	径間数	2		
前田点検	2007	予防対応	予防	架替検討の必要性			
2. 対策判定							
対策区分	優先順位	所見					
Ⅲ	4	本橋梁は予防保全型管理を実施する橋梁である。 平成20年に伸縮装置交換工、床版防水工を実施済みである。 診断年度に診断結果をひびわれが確認されている。前田点検では配筋がない状態であり、前田点検から今回点検迄に剥離が進展していることが考えられるため、早期の対策が必要と判断した。 下部工にアル骨が原因と推定される剥離、ひびわれが確認されることから、修復を行うことが望ましい。 下部工に伸縮装置からの漏水が確認されることから、予防的な対策として、伸縮装置交換を行うことが望ましい。					
3. 対策内容							
部材種類	対策区分	劣化要因	損傷内容	対策内容	概算補修工事費(千円)		
主桁	Ⅲ	凍害	ひびわれ、漏水・遊離石灰B	主桁グラウト注入	1,700		
床版	I b	-	漏水・遊離石灰B	床版防水	4,442		
支保	I a	-					
下部工	Ⅱ	アル骨	ひびわれ、漏水・遊離石灰B	下部工断面補修	9,180		
伸縮装置	I b	排水不良	腐蝕・変形	伸縮装置交換	5,200		
高欄・地盤	I a	-	高欄変形・欠陥				
その他							
合計					直接工事費計	20,542	
					諸経費を含んだ工事費	36,976	
4. 特記事項							
・重要部材の診断結果は、「対応要型」に該当する項目とする。 ・維持工事において、排水時の環境土砂の除去を行うことが望ましい。 ・床版下の漏水は少量漏洩からのものと考えられる。							

山形県で定める橋梁診断書(カルテ)の内容をそのままデータベース化

- ・ **対策区分** : Ⅲ (早期に措置を講ずべき状態)
- ・ **優先順位** : 4 (山形県独自基準・13段階に区分)
- ・ **所見** : …… 下部工にアル骨が原因と推定される剥離、ひびわれが確認されることから、修復を行うことが望ましい。下部工に伸縮装置からの漏水が確認されることから、予防的な対策として、伸縮装置交換を行うことが望ましい。……

- ・ **部材名** : 下部工
- ・ **部材の対策区分** : Ⅱ (予防保全的に措置を講ずべき状態)
- ・ **劣化要因** : アル骨
- ・ **損傷内容** : ひびわれC、漏水・遊離石灰B
- ・ **対策内容** : 下部工断面補修
- ・ **概算補修工事費**

7

山形県で定める補修履歴様式の内容をそのままデータベース化

工事内容	対策年度
下部工断面補修	2016



対策前



対策後

◇ 対策前後の写真は、補修履歴情報と紐付けてデータベース化される

◇ 保有情報 :

工事内容、施工範囲、施工数量、施工単価、タイプ・規格、製品名、メーカー、劣化・損傷要因 など

8

1つの橋について、
橋の諸元、点検、診断、
補修履歴を
過去も含めて**統合**

※ 機能選択→橋梁選択



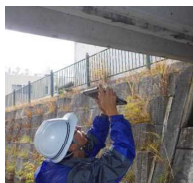
定期点検の結果一覧

- ・ 市町村別、
- ・ 橋の諸元別、
- ・ 判定区分別 など

10

① タブレット端末による点検支援

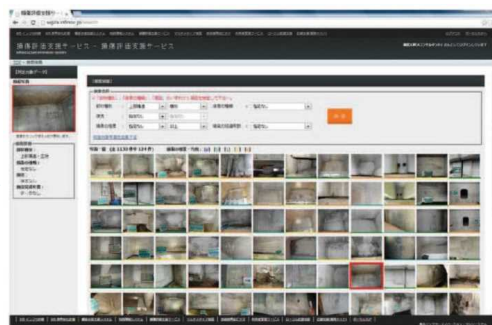
- ◇ 前回点検写真を見ながら撮影
- ◇ その橋のデータを見ながら点検



DBMY



膨大な損傷データをデータベース化



② 損傷診断支援システム

- ◇ 損傷画像と類似した事例を抽出
- ◇ 過去の同様の損傷を参考にした判断が可能

点検・診断の、省力化、精度の向上 につながる

11

今後、情報はますます増大…

導入前

導入後

A橋のH26
点検情報は？

A橋のH27
補修情報は？

判定の
悪い橋は？

A橋のH26
診断情報は？

B橋は？

C橋は？

必要な情報を探して
準備するのが大変

情報を簡易に閲覧・抽出・集計

DBMY

DBMYでできること

データを迅速、的確に抽出可能

データベースと、タブレットなどICT技術との連携

蓄積したデータの集計・分析

東北大学・建設技術センター・県と
市町村がつながる

DBMY導入効果

点検・診断の高度化・効率化

補修計画・予算管理の適正化

市町村支援体制の充実化

DBを見据えた発注要件の見直し
(前回点検の反映、納品時の条件設定、等)

「東北インフラ・マネジメント・プラットフォームの構築と展開」(H28年度SIP採択・東北大学など)
産学官が連携し、東北地方として維持管理体制を強化…情報基盤としてDBMY開発の成果を活用

12