
第12回CAESAR 講演会

開催日：令和元年8月29日(木)

会場：一橋講堂

国立研究開発法人土木研究所
構造物メンテナンス研究センター(CAESAR)

目 次

■ 基 調 講 演

東北インフラ・マネジメント・プラットフォームによる 橋梁維持管理の取組み	3
---	---

東北大学 教授

久田 真 氏

■ 講 演

関東地方における道路メンテナンスの最近の話題	43
------------------------------	----

関東地方整備局 道路部長

山本 悟司 氏

説明可能な AI による「信頼できる診断と予測」の実現	73
-----------------------------------	----

(株) 富士通研究所 デジタル革新コア・ユニット
プリンシパルエキスパート

渡部 勇 氏

鋼橋の長寿命化に向けた研究の取組	95
------------------------	----

CAESAR 上席研究員

上仙 靖

橋梁維持管理への AI の活用とデータ取得技術	117
-------------------------------	-----

CAESAR 上席研究員

石田 雅博

基調講演

東北インフラ・マネジメント・プラットフォームによる 橋梁維持管理の取組み

2019年8月29日

東北大学大学院工学研究科・教授
インフラ・マネジメント研究センター・センター長

久田 真

目次



- インフラ維持管理に関する我が国の動向
- 自治体管理インフラ（橋）の地域格差について
公表情報に基づく自治体管理橋梁の地域格差に関する一考察
- 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
- 地方自治体との共働による取組み事例
- 東北大学「社会にインパクトある研究」
暮らしを豊かにする創未来インフラの構築
～「造る」から「活かす」、そして「生きる」へ～

インフラ維持管理に関する我が国の動向

インフラ維持管理に関する我が国の動向



- 1984年 NHK特集「コンクリート・クライシス」放映
- 1988年 建設省・橋梁点検要領
- 2007年 建設省・橋梁長寿命化修繕計画補助事業
同年 木曽川大橋の斜材破断が確認
- 2011年 **東日本大震災**
- 2012年 国土交通大臣から社会資本整備審議会・会長あて「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について」諮問
笹子トンネル崩落事故
-
- 2013年 「社会資本メンテナンス元年」として位置づけ
日本再興戦略、科学技術イノベーション総合戦略
総務省「**インフラ長寿命化基本計画**」→ 関係省庁が「行動計画」を策定
- 2014年 社会資本整備審議会・道路部会「**最後の警告**」提言
総務省「公共施設等総合管理計画の策定要請」
国土交通省「**道路メンテナンス会議**」を設置（全都道府県）
道路施設で5年に一度の近接目視が義務化
SIP、ImPACT スタート
- 2016年 科学技術基本計画（**Society 5.0** の実現と推進）
i-Construction の推進
インフラメンテナンス国民会議の創設
- 2017年 未来投資戦略2017、新しい経済パッケージ
- 2018年 SIP（第2期）、**官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）** スタート
統合イノベーション戦略

日本再興戦略2013 - JAPAN is BACK -

- ◆ アベノミクスの「第3の矢」である「成長戦略」の実現へ向けた基本方針
- ◆ 3つのアクションプラン

(1) 日本産業再興プラン

- 緊急構造改革（産業の新陳代謝の促進）：**ベンチャー投資**、事業再編、など
- 雇用制度改革・人材力の強化：**女性の活躍推進**、**大学改革**、など
- **科学技術イノベーションの推進**：**SIP**、**ImpACTの推進**、など
- その他、海外展開促進、IT社会の実現、立地競争力強化、中小企業革新が明記

(2) 戦略的市場創造プラン（4つのテーマ）

- 国民の「健康寿命」の延伸
- クリーン・経済的なエネルギー需給の実現
- **安全・便利で経済的な次世代インフラの構築**
 - **インフラ長寿命化基本計画の策定と実施**
- 世界を惹きつける**地域資源で稼ぐ地域社会の実現**

(3) 国際展開戦略

- **インフラ輸出**・資源確保
- 中堅・中小企業等に対する支援、クールジャパン



アベノミクス「3本の矢」
(首相官邸HPより)

5

日本再興戦略2014 - 未来への挑戦 -

- ◆ 再興戦略2013の改訂と深化
- ◆ 改訂戦略における鍵となる施策

(1) 日本の「稼ぐ力」を取り戻す

- 「企業」「国」が変わる

(2) 担い手を生み出す ~女性の活躍推進と働き方改革

- **女性の更なる活躍促進**、**働き方改革**、外国人材の活用

(3) 新たな成長エンジンと地域の支え手となる産業の育成

- 攻めの農林水産業の展開、健康産業の活性化と質の高いヘルスケアサービスの提供

(4) 地域活性化と中堅・中小企業・小規模事業者の革新

- 地域活性化と地域の経済構造改革

◆ 3つのアクションプラン

- 2013年版を踏襲
- 「健康寿命」、「エネルギー」、「**次世代インフラ**」、「**地域社会**」

6

日本再興戦略 改訂2015 - 未来への投資・生産性革命 -

◆ 改訂戦略における鍵となる施策

(1) 未来投資による生産性革命

→ 「稼ぐ力」を高める企業行動、新時代への挑戦、個人の潜在力の徹底的な底上げ

(2) ローカル・アベノミクスの推進

→ 中堅・中小企業・小規模事業者の「稼ぐ力」の徹底強化

→ サービス産業の活性化・生産性の向上

→ 農林水産、医療・介護、観光産業の基幹産業化

→ 官製市場の民間開放による新ビジネスの創出、等

(3) 改革2020 (成長戦略を加速する官民プロジェクト) の実行

① 次世代交通システム・自動走行技術の活用

② 分散型エネルギー資源の活用によるエネルギー・環境課題の解決

③ 先端ロボット技術によるユニバーサル未来社会の実現

④ 高品質な日本式医療サービス・技術の国際展開 (医療のインバウンド)

⑤ 観光立国のショーケース化

⑥ 対日直接投資拡大に向けた誘致方策

日本再興戦略2016 - 第4次産業革命に向けて -

◆ 改訂戦略における鍵となる施策

(1) 600兆円に向けた「官民戦略プロジェクト10」

→ **第4次産業革命 (IoT・ビッグデータ・人工知能)** (ほか10項目)

→ 既存住宅流通・リフォーム市場の活性化が「新たな有望成長市場」として明記

(2) 生産性革命を実現する規制・制度改革

(3) イノベーションの創出・チャレンジ精神にあふれる人材の創出

(4) 海外の成長市場の取り込み

→ インフラシステム輸出

◆ (第4次産業革命実現のための) 具体的施策

→ 11の具体的な項目が明記

→ 防災・災害対応に係るIoT・ビッグデータ・人工知能・ロボット等の活用、など

→ **i-Construction**

◆ (第4次産業革命実現のための) 環境整備

→ **データ利活用に向けた環境整備** → **データベース**

→ サイバーセキュリティの確保とIT利活用の徹底等

→ 政府・自治体のオープンデータの推進

未来投資戦略2017 - Society 5.0 の実現に向けた改革 -

Society 5.0 に向けた戦略分野

- (1) 健康寿命の延伸
- (2) 移動革命の実現
- (3) サプライチェーンの次世代化
- (4) 快適なインフラ・まちづくり
 - インフラの整備・維持管理の生産性向上
 - 生産性向上による産業インフラの機能強化等
 - 民間投資の喚起による都市の競争力の向上等
- (5) Fin Tech (※) の推進

※ **Fin Tech** (financial technology)
ICTを駆使した革新的 (innovative)、あるいは破壊的 (disruptive) な金融商品・サービスの潮流 (by wiki)



Society5.0とは、
狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に
続く、以下のような新たな経済社会

- ① **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、
- ② 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かく対応したモノやサービスを提供することで **経済的発展と社会的課題の解決を両立し、**
- ③ 人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、**人間中心の社会**

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 久間和生「わが国の科学技術イノベーション戦略」より ⁹

©IMC

未来投資戦略2018 - 「Society 5.0」 「データ駆動型社会」 への変革 -

基本的な考え方

- (1) Society 5.0 の本格的な実現
- (2) 新しい経済パッケージ (2017/12/08) の着実な実現
- (3) 世界の動向と日本の立ち位置
 - ◆ データ覇権主義の世界では米国、中国が先行独占
 - ◆ 日本は**課題先進国** (人口減少、高齢化、エネルギー・環境規制 等)
 - ◆ 日本の強みは**企業の技術力、大学の研究開発力、高い教育水準の人材、リアルデータ**
 - ◆ 難局をチャンスと捉え、既存の組織や産業の枠を超えて社会変革を飛躍的に推進
- (4) Society 5.0 の実現に向けた戦略的取組み (SDG's の達成に寄与)
 - ◆ 様々なデータを共有財産として社会課題の解決を担うビジネスとして活用
 - ◆ イノベーションを牽引する様々なプレーヤーを創出

今後、諸外国においても、我が国と同様の社会課題に直面していくこととなり、社会課題解決への技術革新、ソリューション提供競争が想像を超えるスピードで激化していくことに鑑みれば、**まさにこの数年が我が国の岐路**であり、新たな決意とスピード感を持って進めていく。



成果文書

G20大阪首脳宣言

テロ及びテロに通じる暴力的過激主義（VECT）によるインターネットの悪用の防止に関するG20大阪首脳声明

附属文書（全16文書） SDGs、インフラ関係の文書

- ① 質の高いインフラ投資に関するG20原則
- ② G20 インフラ開発における清廉性と透明性に関するグッドプラクティス集
- ③ G20 AI原則
- ④ 持続可能な開発のための2030アジェンダに関するG20行動計画に基づく大阪アップデート
- ⑤ 持続可能な開発目標達成のための科学技術イノベーション（STI for SDGs）ロードマップ策定の基本的考え方
- ⑥ G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組
- ⑦ G20適応と強靱なインフラに関するアクション・アジェンダ

<https://g20.org/jp/documents/> 11

©IMC



質の高いインフラ（原文：Infrastructure）投資に関するG20原則

【原則1】 持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

1.1 経済活動の好循環の実現

インフラ投資の狙い

インフラ投資財政の健全性を確保しつつ、インフラがもたらす経済、環境、社会及び開発面における正のインパクトを最大化し、経済活動の好循環を創出

→ 経済への刺激、雇用の確保

インフラ投資の効果

資源のより良い配分や、能力強化、技能の向上、そして生産性の向上を**地元経済**にもたらし得る。こうした推進力は、経済の潜在成長力を高め、投資家の裾野を広げ、一層の民間投資を呼び込み、経済のファンダメンタルズの一層の改善をもたらす。

→ 貿易や投資、経済発展の促進

投資によって期待されるこれら全ての効果は、プロジェクトの設計や計画時に考慮されるべきものである

https://g20.org/pdf/documents/jp/annex_01.pdf 12

©IMC

自治体管理インフラ（橋梁）の現状

公表情報に基づく自治体管理橋梁の地域格差
「1つの橋を支える人口」という考え方

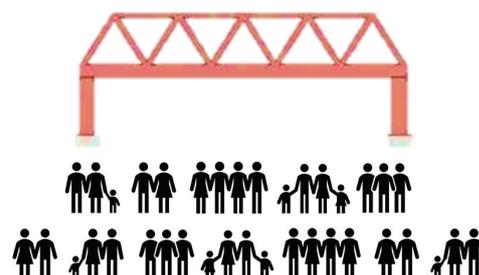
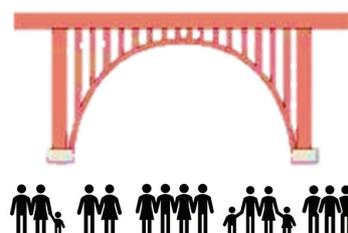
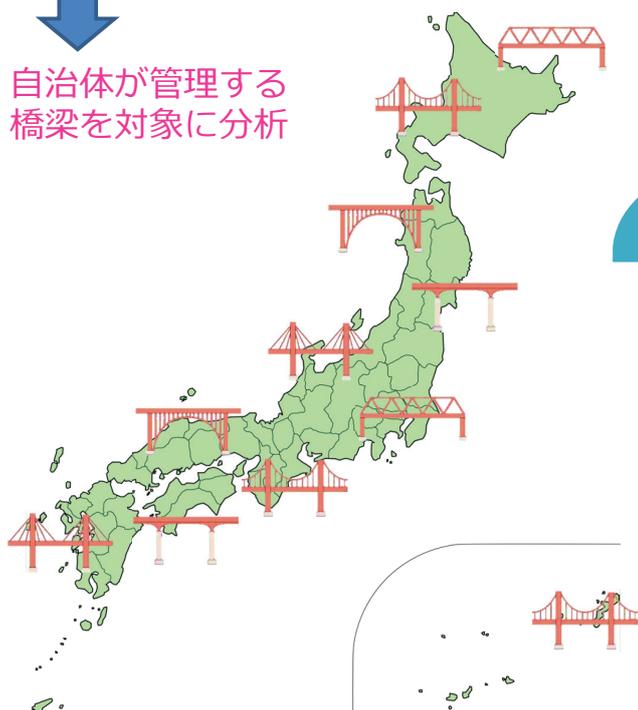
1 橋を支える人口



わが国の基礎自治体は、どれだけのインフラを管理して、どれくらいの人口で支えているか？



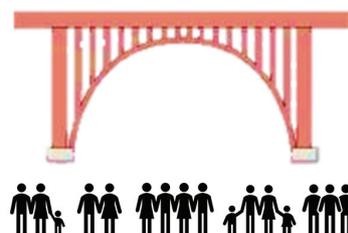
自治体が管理する
橋梁を対象に分析





【人口】

日本国勢調査（平成27年度実施分）より

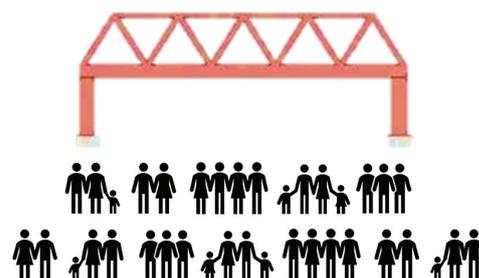


【橋梁数】

各県道路メンテナンス会議・公表情報より

以下の8自治体については、道路メンテナンス年報（平成26, 27年度）により修正

北海道北斗市, 青森県東通村, 千葉県大多喜町,
東京都渋谷区, 東京都江戸川区, 東京都立川市,
富山県舟橋村, 広島県江田島市



1つの橋を支える人口【1橋人口】



地方自治体の人口



自治体が管理する
橋梁数
(2m以上)

1橋を支える人口：まとめ



	全国	東北地方
人口 (2017国勢調査)	約1億2700万人	約898万人
管理橋梁数 (都道府県・市町村管理)	約66万橋	約6万7000橋
1橋を支える人口	192人/橋	134人/橋
1橋を支える人口 (東京を考慮)	173人/橋 (東京都を除いた場合)	3,300人/橋 (東京都のみの場合)

- ◆ 東京都は全国平均の約17倍
- ◆ 東京都のような大都市部を入れるか否かで全国平均の値は大きく変動
(神奈川県：1,124人/橋、愛知県：330人/橋、大阪府：906人/橋)

【橋梁数】各県道路メンテナンス会議・公表情報より

【人口】日本国勢調査(2017年度)より

1橋を支える人口：地方別



地 方	人口	橋梁数			1橋あたりの人口		
		県直轄	市町村	県内総数	県直轄	市町村	県内総数
北海道	5,381,733	5,621	18,989	24,610	957	283	219
東北	8,982,807	15,640	51,237	66,877	574	175	134
関東	42,995,031	16,168	66,583	82,751	2,659	646	520
北陸	5,311,340	11,910	37,894	49,804	446	140	107
中部	16,149,070	18,306	86,182	104,488	882	187	155
近畿	22,541,298	20,766	78,556	99,322	1,085	287	227
中国	7,235,359	16,458	70,594	87,052	440	102	83
四国	3,845,534	9,037	34,473	43,510	426	112	88
九州	14,449,895	20,502	78,816	99,318	2,858	183	145
全 国	127,094,745	134,408	526,454	660,862	946	241	192

- ◆ 9地方のうち、6地方は全国平均以下
- ◆ 関東地方(最大)と中国地方(最小)では6.27倍の較差

【橋梁数】各県道路メンテナンス会議・公表情報より
【人口】日本国勢調査(2017年度)より

1橋を支える人口：政令指定都市【札幌～浜松】



自治体	人口	橋梁数			1橋あたりの人口		
		県直轄	市町村	県内総数	県直轄	市町村	県内総数
札幌市	1,952,356	---	1,378	---	---	1,417	---
仙台市	1,082,159	---	808	---	---	1,339	---
新潟市	810,157	---	4,072	---	---	199	---
さいたま市	1,263,979	---	897	---	---	1,409	---
千葉市	971,882	---	470	---	---	2,068	---
川崎市	1,475,213	---	618	---	---	2,387	---
横浜市	3,724,844	---	1,725	---	---	2,159	---
相模原市	720,780	---	571	---	---	1,262	---
静岡市	704,989	---	2,547	---	---	277	---
浜松市	797,980	---	5,890	---	---	135	---
全国計	127,094,745	134,408	526,454	660,862	946	241	192

【橋梁数】各県道路メンテナンス会議・公表情報より
【人口】日本国勢調査(2017年度)より

1橋を支える人口：政令指定都市【名古屋～熊本】



自治体	人口	橋梁数			1橋あたりの人口		
		県直轄	市町村	県内総数	県直轄	市町村	県内総数
名古屋市	2,295,638	---	931	---	---	2,466	---
京都市	1,475,183	---	2,860	---	---	516	---
大阪市	2,691,185	---	764	---	---	3,522	---
堺市	839,310	---	688	---	---	1,220	---
神戸市	1,537,272	---	2,368	---	---	649	---
岡山市	719,474	---	9,641	---	---	75	---
広島市	1,194,034	---	2,820	---	---	423	---
北九州市	961,286	---	1,980	---	---	485	---
福岡市	1,538,681	---	1,952	---	---	788	---
熊本市	740,822	---	2,909	---	---	255	---
全国計	127,094,745	134,408	526,454	660,862	946	241	192

- ◆政令指定都市といえども厳しい状況にある市がある
- ◆大阪市（最大）と岡山市（最小）では約47倍の較差

【橋梁数】各県道路メンテナンス会議・公表情報より
【人口】日本国勢調査(2017年度)より

1橋を支える人口：宮城県（35市町村）



自治体	橋梁数	人口	1橋人口
宮城県	1,756	2,333,899	1,329
仙台市	808	1,082,159	1,339
石巻市	1,082	147,214	136
塩竈市	20	54,187	2,709
気仙沼市	410	64,988	159
白石市	338	35,272	104
名取市	230	76,668	333
角田市	286	30,180	106
多賀城市	50	62,096	1,242
岩沼市	171	44,678	261
登米市	1,399	81,959	59
栗原市	858	69,906	81
東松島市	207	39,503	191
大崎市	913	133,391	146
蔵王町	102	12,316	121
七ヶ宿町	58	1,461	25
大河原町	107	23,798	222
村田町	99	11,501	116

自治体	橋梁数	人口	1橋人口
柴田町	149	39,525	265
川崎町	60	9,167	153
丸森町	212	13,972	66
亘理町	433	33,589	78
山元町	239	12,315	52
松島町	64	14,421	225
七ヶ浜町	3	18,652	6,217
利府町	33	35,835	1,086
大和町	129	28,244	219
大郷町	76	8,370	110
富谷町	56	51,591	921
大衡村	64	5,703	89
色麻町	130	7,238	56
加美町	280	23,743	85
涌谷町	218	16,701	77
美里町	293	24,852	85
女川町	30	6,334	211
南三陸町	107	12,370	116

市町村・計	9,714	2,333,899	240
県内・総計	11,470	2,333,899	203

◆宮城県内の市町村では、23/35の自治体が平均以下
◆七ヶ浜町（最大）と七ヶ宿町（最小）で約250倍の較差

1橋を支える人口：まとめ



1. 地方自治体の管理橋梁で整理すると、我が国は1つの橋を192人で支えているのが実態である。
2. 地方，政令指定都市，県および市町村で整理すると，かなりの地域格差が生じていることが判明した。
3. 本分析では、幼児や高齢者を含んだ国勢調査の人口を用いているが、就労人口や納税額で精査すると、更に格差は拡大することが推察される。
4. 本分析では、橋梁のみを対象としたが、トンネル、公共建築などを含めた総合的な公共施設での実状は、さらに厳しい状況が推察される。

【懸念事項】

- ◆ 海外との比較も含めて、現実的な1橋人口の管理限界は、どの程度か？
- ◆ こういった実状を、地方自治体は認識しているのか？

□ 無駄なインフラが多すぎるという意味ではなく、これまで整備されたインフラの管理を地方自治体が等しく維持管理を担うとすると、これだけの負担の格差が生じており、**この実態を踏まえた政策が極めて重要**であるという意味

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

東北大学インフラマネジメント研究センター（IMC）



国土交通省東北地方整備局と東北大学との協定
(2013年12月18日)

東北大インフラ研開設
市町村の維持管理を支援

国土交通省東北地方整備局と東北大学が、東北地方の市町村のインフラ維持管理を支援するため、共同で「東北大インフラ研」を開設する。同研は、インフラの維持管理に関する技術的・人的資源を統合し、市町村のインフラ維持管理を支援する。同研の設立は、国土交通省東北地方整備局と東北大学の協力で進められる。同研の設立は、東北地方のインフラ維持管理の向上に大きく貢献する。同研の設立は、東北地方のインフラ維持管理の向上に大きく貢献する。同研の設立は、東北地方のインフラ維持管理の向上に大きく貢献する。

2014年1月16日 河北新報

〈これまでの協定締結機関〉

- 2013年12月18日 国土交通省東北地方整備局
- 2014年03月13日 東日本高速道路株式会社東北支社
- 2014年03月13日 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北
- 2014年03月19日 山形県上山市
- 2014年03月19日 宮城県岩沼市
- 2014年12月24日 一般社団法人東北地域づくり協会
- 2015年03月19日 山形県県土整備部
- 2015年03月19日 公益財団法人山形県建設技術センター
- 2015年08月07日 宮城県名取市
- 2016年01月14日 宮城県土木部
- 2016年01月14日 公益社団法人宮城県建設センター
- 2016年03月22日 宮城県仙台市建設局
- 2016年11月18日 一般社団法人建設コンサルタンツ協会東北支部
- 2016年11月18日 一般社団法人東北測量設計協会
- 2017年09月08日 東北建設業協会連合会
- 2017年12月05日 一般社団法人日本建設業連合会 東北支部
- 2018年01月22日 一般社団法人プレストレストコンクリート建設業協会 東北支部
- 2018年03月12日 一般社団法人日本橋建設業協会

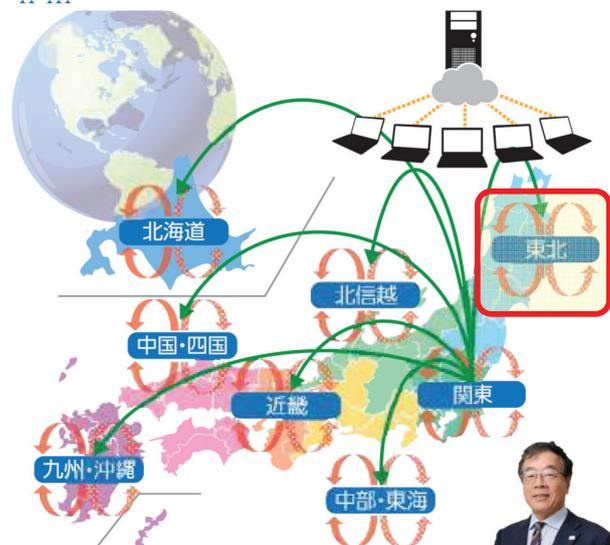
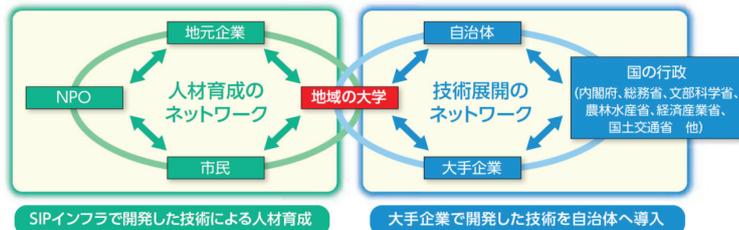
SIPプロジェクト（東北）の概要



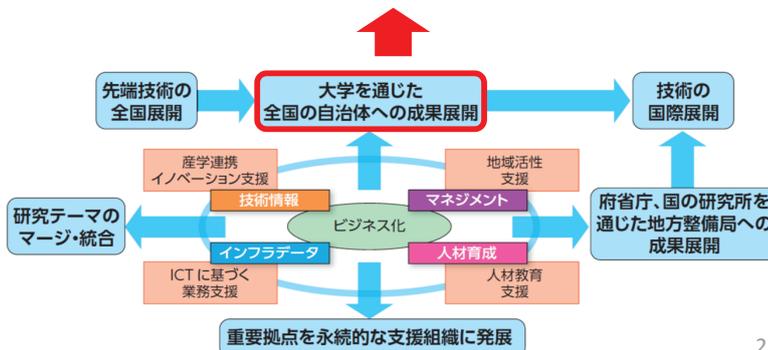
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） 地域展開

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

インフラ維持管理・更新・マネジメント技術



【2016年度採択課題（JST）】
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
東北大学IMC、八戸工業大学、岩手大学、秋田大学、日本大学



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>

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

25

©IMC

SIPプロジェクトの概要



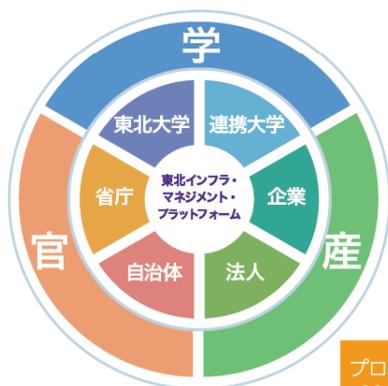
2016年度採択課題(JST)

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

責任者：久田 真（東北大学インフラ・マネジメント研究センター長）
研究開発グループ：国立大学法人 東北大学
共同研究グループ：東北大学インフラ・マネジメント研究センター（IMC）、八戸工業大学、岩手大学、秋田大学、日本大学
◆各県の拠点大学、IT専門家らが共同研究者として参画し、これまで以上に東北地方としてインフラ維持管理体制を強化する

研究開発項目(1)

東北インフラ・マネジメントプラットフォームの構築



プロジェクト実施期間 2016～2018年度
プラットフォームは、その後も継続して運営

研究開発項目(2)

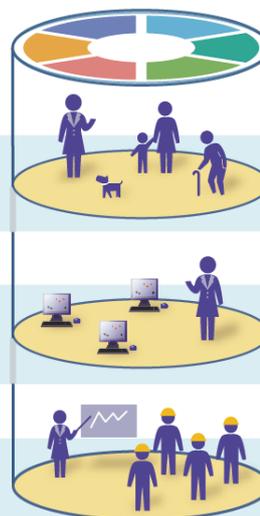
情報基盤の整備，社会実装

研究開発項目(3)

成果の社会実装支援

研究開発項目(4)

人材育成の枠組み構築



26

©IMC

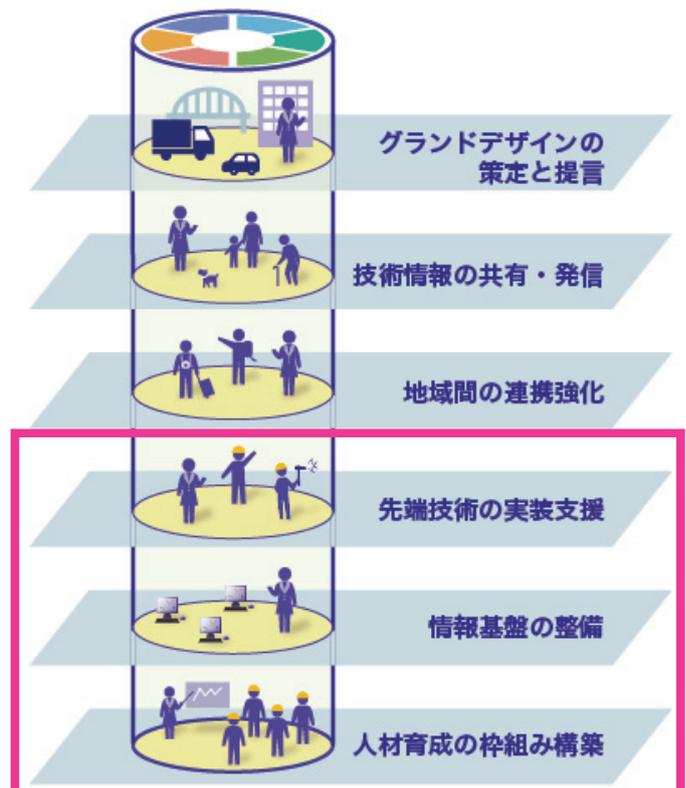
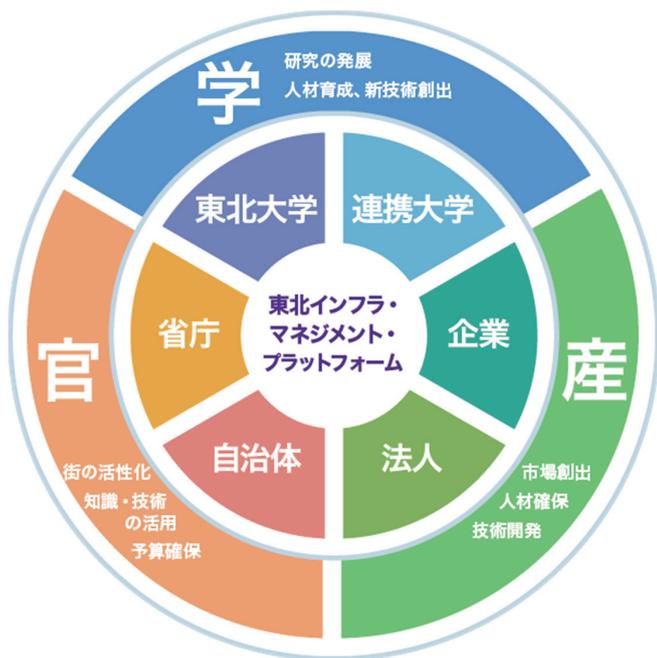
平成29年5月18日開催

議事次第

挨拶：「社会にインパクトある研究」について

(東北大学 金井 浩 副学長)

- 1) 東北インフラ・マネジメント・プラットフォームの活動
(インフラ・マネジメント研究センター 久田 真 センター長)
- 2) 参加機関からの話題提供
 - ① 持続可能なメンテナンスの実現
(国土交通省 東北地方整備局 道路部)
 - ② 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
(山形県 県土整備部 道路保全課)
 - ③ ドローンを活用した橋梁点検の実証実験
(東北大学 未来科学技術共同研究センター 大野 和則 准教授)
 - ④ 青森県における橋梁の維持管理・更新の総合的マネジメント
(青森県 県土整備部 道路課)
- 3) 特別講演
岐阜におけるSIP技術の地域実装とME養成講座と岐阜社会基盤研究所の取組み
(岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 六郷 恵哲 特任教授)



SIP範囲

① グランドデザインの策定と提言



東北地域が抱える課題を抽出し、それぞれのグランドデザインを策定する

「1橋を支える人口」の調査（2017年3月）

東北6県227市町村の現状を調査

東北6県	総人口	管理橋梁数	1橋人口
青森県	1,308,265	6,561	199
岩手県	1,279,594	12,683	101
宮城県	2,333,899	11,470	203
宮城県 (仙台市除く)	1,251,740	10,662	117
秋田県	1,023,119	11,429	90
山形県	1,123,891	8,258	136
福島県	1,914,039	16,476	116
仙台市	1,082,159	808	1,339

全国平均：192人/橋 東京都：3,300人/橋

地域格差の拡大 ⇒ 地域毎の課題に対応することが必要

秋田県 人口100万割れ

出典：河北新聞 2017年4月22日朝刊

秋田県人口100万割れ
1日現在

86年ぶり、自然減拡大

秋田県の今年1月の人口は、前年同月比で4,051人減少し、推計人口は99万9,636人（男49,977人、女49,959人）となり、戦後初めて100万人を割り込んだ。人口減少は、前年同月調査で明らかになった。前年同月調査では、秋田県は人口減少が全国トップの約3%に達した。

【秋田県】秋田県は、戦後初めて人口減少となった。1950年から1970年代までは人口増加が続いていたが、1980年代以降は人口減少が続いている。特に、15歳未満の人口が減少していることが目立つ。これは、出生率の低下と高齢化の進展によるものである。秋田県は、人口減少対策として、子育て支援や高齢者の生活支援に取り組んでいる。また、地域産業の振興や人材の定着を図ることも重要な課題となっている。

【社会減抑制】秋田県は、人口減少を抑制するために、社会減抑制策に取り組んでいる。これは、出生率の向上と死亡率の低下を目指すものである。具体的には、子育て支援や高齢者の生活支援、地域産業の振興などが含まれる。秋田県は、これらの取り組みを通じて、人口減少を抑制し、地域の持続的な発展を目指すとしている。

【地域格差】秋田県内では、地域間の格差が拡大している。特に、人口減少が著しい地域では、人口が100万人を割り込んだ。これは、地域経済の停滞や人材の流出によるものである。秋田県は、地域格差の拡大を防ぐために、地域毎の課題に対応する必要があるとしている。

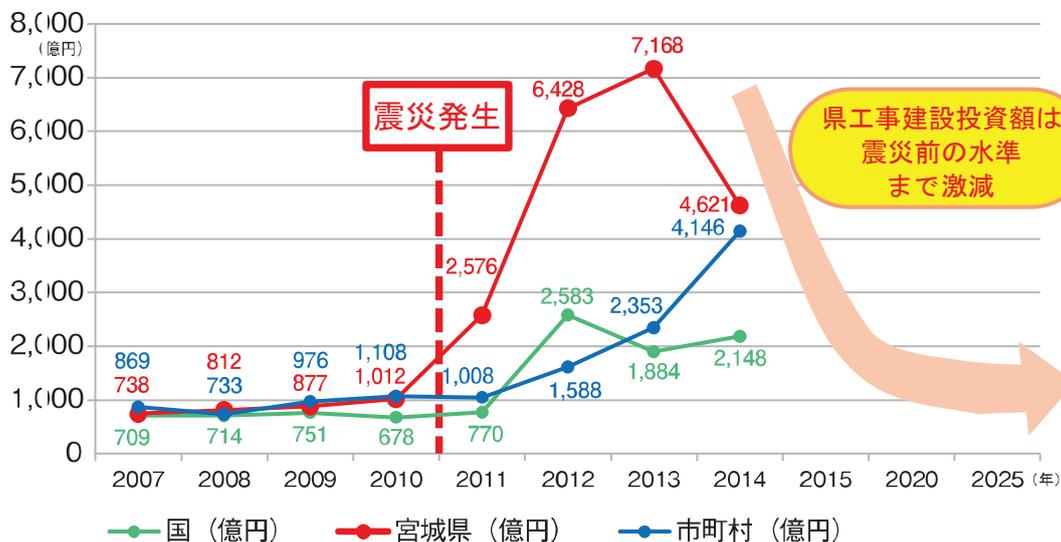
① グランドデザインの策定と提言



東北地域が抱える課題を抽出し、それぞれのグランドデザインを策定する

宮城県 県工事建設投資の推移と見通し

- ・ 県工事建設投資(建設工事出来高)は、震災復興需要を背景に震災前の2010年のと比較して2013年には約7倍まで増加したが、**今後は震災前の水準まで激減する見込み**



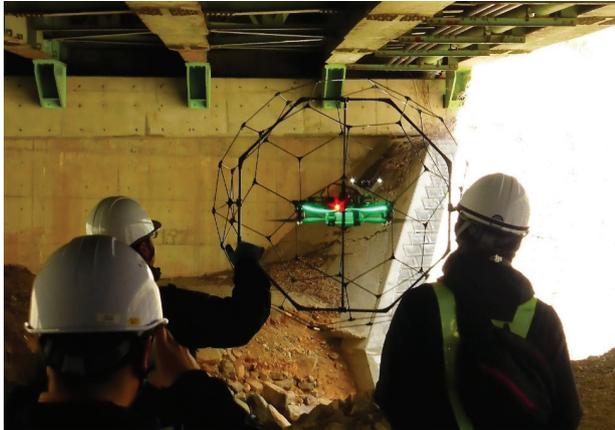
〈出所〉建設投資額は国土交通省「建設総合統計」より宮城県土木部作成
出典：「新・みやぎ建設産業振興プラン平成28年度～平成31年度」パンフレット概要版

④ 先端技術の実装支援



研究者のシーズと発注側(自治体等)のニーズのマッチングを行う

仙台市の実証（2017年5月16日）



「橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発」
東北大学 未来科学技術共同開発センター
准教授 大野和則



民放4社、NHK 夕方のニュースで放映
(2017年5月16日)

33

©IMC

⑤ 情報基盤の整備



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の開発・運用

SIP開発技術「高度データ活用技術開発プロジェクト（代表者：上田功_東日本高速道路(株)）」の成果を活用し、東北大学IMCが平成27年3月に協定を締結した山形県・県土整備部及び山形県建設技術センターと共に、同県が管理する橋梁の維持管理のデータベース「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(DBMY)」の運用を、平成29年3月22日より開始した。

「DBMY」開発・運営プロジェクトのスキーム



「DBMY」の概要と産学官連携によるメリット



データベースのコアの部分について
SIP成果である「地方道DB」を活用

- ① NEXCOの技術力と信頼性
 - ② 山形県の状況への適合性
- を両立した高品質で使いやすいDBSを
早く・低価格で使用できる。
(市町村にもサービスを安価に提供)

34

©IMC

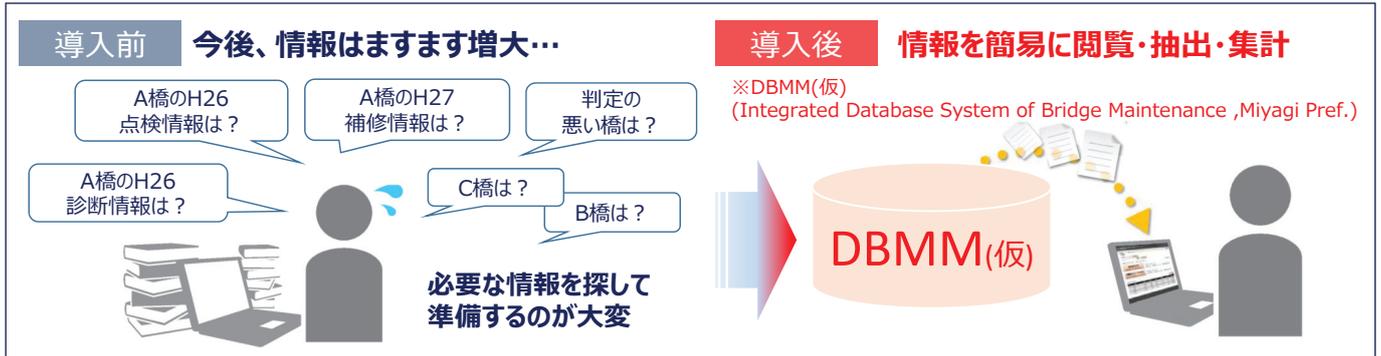
⑤ 情報基盤の整備



DBMYをカスタマイズして宮城県、仙台市へ導入整備中

(Integrated Database System of Bridge Maintenance ,Yamagata Pref./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)

【導入効果】



DBMM(仮)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

DBMM(仮)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

「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DBMM(仮)開発の成果を活用**

35

©IMC

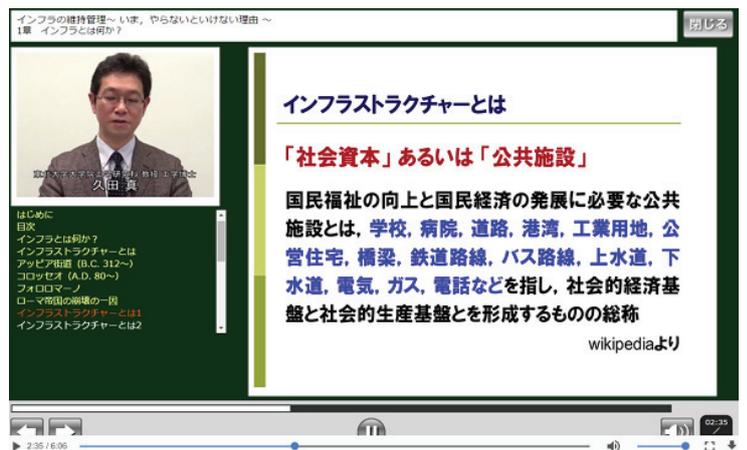
⑥ 人材育成の枠組み構築



インフラの管理者、技術者、次世代の担い手を育成する

山形県道路橋合同診断会議 (平成29年2月)

e-ラーニングシステムの構築



プラットフォームを活用したアドバイス

参加者：

東北大学、東北学院大学、
東日本高速、建設コンサルタント協会、
東北測量設計協会の技術者

現在、30コンテンツ

今後コンテンツ数を増加予定

36

©IMC

⑥ 人材育成の枠組み構築



山形県立産業技術短期大学校 土木エンジニアリング科 (平成29年4月開設)

土木エンジニアリング科 カリキュラムの構成



インフラ・マネジメント研究センターは、
インフラ維持管理分野の教育部分を支援

第1回 日本オープンイノベーション大賞 (2018年)



**第1回
日本オープン
イノベーション大賞
表彰式**

JAPAN OPEN
INNOVATION PRIZE

THE AWARDS CEREMONY
OF JAPAN OPEN
INNOVATION PRIZE

2019.03.05 / tue
15:30-19:00
虎ノ門ヒルズ 森タワー4F ホールB

日本オープンイノベーション大賞は、オープンイノベーションのロールモデルとなる先導的・独創的な取組を表彰し、我が国のイノベーション創出を加速するための表彰制度です。この度、厳正な審査のもと選ばれた優れた取組・プロジェクトを表彰式と記念イベントを開催いたします。オープンイノベーションに興味のある方など、どなたでもご参加いただけますのでご参加ください。

主催
内閣府、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省、一般社団法人日本経済団体連合会、日本学術会議

協賛
Incubation & Innovation Initiative、森ビル株式会社

【国土交通大臣賞】

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

- 久田 真 (東北大学インフラ・マネジメント研究センター センター長)
- 金井 浩 (東北大学 教授)
- 長坂 徹也 (東北大学 教授、工学研究科長)
- 皆川 浩 (東北大学 准教授)
- 鎌田 貢 (東北大学インフラ・マネジメント研究センター 副センター長)



地方自治体との共働による取組み事例

地方自治体との取組み事例



山形県

136人/橋（県内平均）

- 【技術導入】 インフラメンテナンス統合データベース（DBMY）
- 【技術指導】 山形県道路橋合同診断会議
- 【人材育成】 山形県産業技術短期大学校（出前講義）

島根県

51人/橋（県内平均）

- 【技術支援】 道路橋の直営点検・補修に関する技術支援

宮城県建設センター

117人/橋（県内平均）

- 【技術導入】 道路施設データベース、長寿命化システム、道路台帳システム構築
- 【共同研究】 情報技術を活用した維持管理効率化と人材育成
- 【共同研究】 インフラデータの利活用

仙台市

1,339人/橋

- 【技術導入】 道路施設データベース

上山市（山形県）

186人/橋

- 【技術支援】 直営点検・直営補修の技術指導
- 【共同研究】 赤山橋橋梁用床版のプレキャストRC床版の実証実験

小田原市（神奈川県）

352人/橋

- 【技術支援】 直営点検・直営補修の技術指導

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の開発・運用



山形県道路橋合同診断会議



山形県立産業技術短期大学校
土木エンジニアリング科（出前講義）

島根県道路メンテナンス会議

国土交通省松江国道事務所 事務局等
島根県技術管理課長寿命化推進室
// 道路維持課
西日本高速道路（株）松江高速道路事務所
// 千代田高速道路事務所

地域づくり調整会議 長寿命化対策部会

県土整備事務所 事務局等
維持管理部長寿命化対策係

島根県 市町村

- ◆ メンテナンス
- ◆ サイクル構築
- ◆ 技術支援
- ◆ 情報共有

アドバイザー制度

事務局等
島根県建設技術センター
橋梁調査会
島根県コンクリート
診断士会

島根県における道路メンテナンス体制



管理橋梁の直営補修における技術支援 （島根県出雲市）

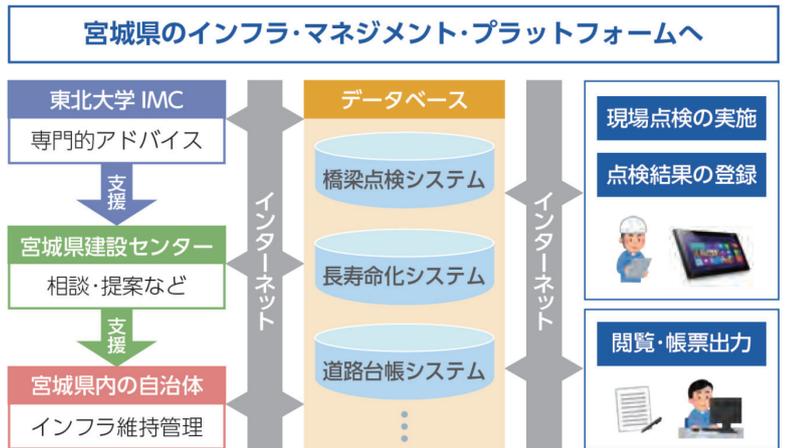
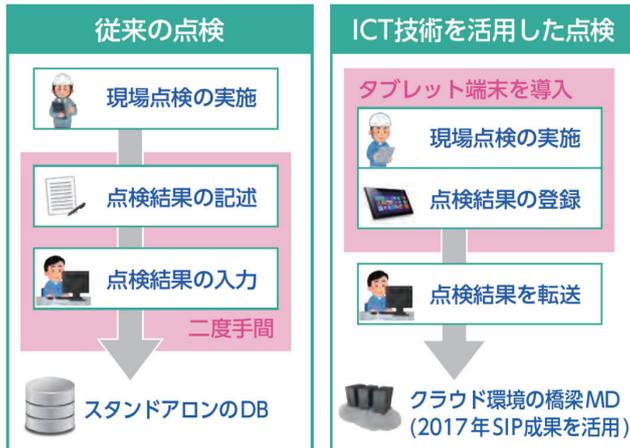
小田原市、上山市も参加

地方自治体との取組み事例【宮城県建設センター】



ICT 技術の活用 タブレット端末による直営点検を支援

支援体制の整備 低コストによる社会資本の安全性確保に貢献



■ タブレット端末機能：記録写真を参照した撮影が可能



期待される効果
 ・点検技術力の補完
 ・点検作業の効率化
 ・情報共有による技術力の向上

公益社団法人
宮城県建設センター

東北大学との共同研究により開発したシステムを、当センターで行う橋梁点検業務で利用するとともに、今後、東北大学IMCからの新技術や専門的アドバイス等を組み込む基盤としても活用します。また、県内の自治体に対して、維持管理に関する相談や提案等を行う支援体制を構築し、社会資本の老朽化対策に貢献していきます。

43

©IMC

地方自治体との取組み事例【宮城県建設センター】



【平成29年度共同研究】

情報技術を活用したインフラ維持管理効率化及び人材育成に関する研究

- ① インフラデータ取得～データベース構築～長寿命化計画までのシステムの構築
- ② データ分析・利活用の検討
- ③ 維持管理効率化に繋がるモデルの構築



44

©IMC

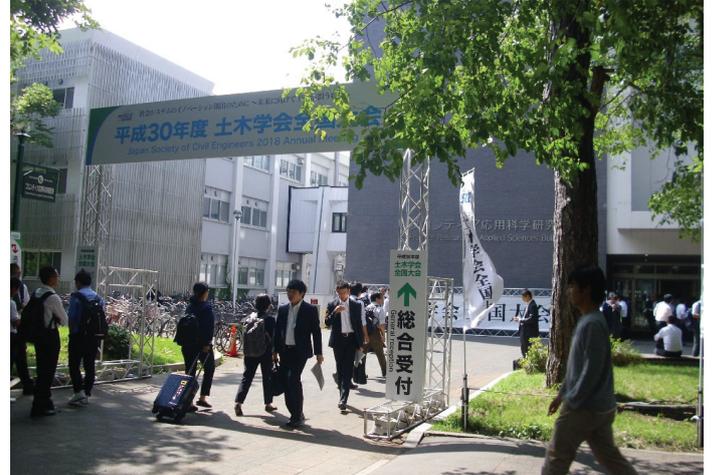
【平成30年度共同研究】

情報技術を活用したインフラ維持管理効率化及び人材育成に関する研究

- ① 道路施設データベース、長寿命化システム、道路台帳システム構築
- ② 人材育成プログラム



タブレットを利用した
現場直営点検の効率化検討



土木学会全国大会での成果発表

【令和元年度共同研究】

情報技術を活用した維持管理効率化及びインフラデータの利活用に関する研究

- ① 橋梁点検データ、レベルⅢの再精査、補修の優先順位設計
- ② 1巡目データの分析、利活用
- ③ 補修事例の作成、試行
- ④ AIを利用したひびわれの自動検出機能の構築
- ⑤ タブレット、システムの運用・保守調整
- ⑥ 県管理橋梁データの保管・管理
- ⑦ 電子納品システムの仕様・設計



宮城県建設センターは県及び市町村のインフラの維持管理に関する支援を行っており、市町村橋梁の診断結果の精度向上・補修の優先順位を設定した。また、これまでの1巡目のインフラデータを活用・分析して、この結果を市町村支援へ活用するとともに、今後増加する補修への対応として、市町村向けの補修事例集を作成する。

また、AIひびわれの自動検出技術を活用し、建設センターが行っている橋梁点検、診断の効率化。さらには、平成29、30年度に構築した橋梁点検タブレット、システムなどの保守運用にあわせ、市町村データを蓄積するための電子納品の仕様、設計を行う。

道路施設データベースシステムの開発・運用

<これまで策定した長寿命化修繕計画>

- ① 橋梁
- ② トンネル、シェッド・シェルター
- ③ 舗装
- ④ ボックスカルバート
- ⑤ 道路案内標識・道路情報板
- ⑥ ペDESTリアンデッキ
- ⑦ 道路照明施設

仙台市ではこれらを統合したデータベースの構築を進めている



北山トンネル【平成23年建設】



大倉シェッド【昭和38年建設】



【仙台駅西口ペDESTリアンデッキ】



【逆L型（長円Y型）照明灯】



大橋【昭和13年架設】



【泉ヶ丘橋断道（車道）（泉区泉ヶ丘1丁目）】



【片持式道路案内標識】



【門型式道路案内標識・道路情報板】

47

©IMC

【直営点検・直営補修の技術支援】

継続的な橋梁維持管理を見据えた管理方法の構築

人口：30,675人（H30.5現在）

管理橋梁数：174橋（木橋1、石橋4、永久橋169）

道路管理（土木技術）職員数及び年齢構成

現在 6名（20歳代4名、40歳代2名）

20年前 9名（20歳代3名、30歳代2名、40歳代2名、50歳代2名）

近年、急激な世代交代により、技術力の伝承や人材育成が成されず、橋梁維持管理は経験や知識がある職員が不在

橋梁維持管理の課題

老朽化橋梁数の増加 職員の技術力不足
 小規模橋梁補修工事の入札辞退
 補修設計費や定期点検費の増大



メンテナンス
 サイクル
 の停滞の危機



直営簡易補修の検討

- 対象橋梁及び施工箇所の選定・・・第三者影響度の懸念や足場仮設が不要
- 断面補修材の選定・・・小規模断面補修に適した容量、配合や機械混練等が不要

48

©IMC

【直営点検・直営補修の技術支援】

継続的な橋梁維持管理を見据えた管理方法の構築



① プライマー・補修材



② 浮き箇所のはつり



③ プライマー塗布



④ 補修材充填



⑤ コテによる仕上げ



⑥ 完了 (所要時間30分)



⑦ 経過観察 (3か月後)



周辺自治体向けの
現場見学会

- 取組みの広がり・・・ **同じ悩みを抱える周辺自治体の参加**
- 今後の展望・・・ **直営による知識習得と経験の積み重ね
若手職員の育成と技術力の継承**

【実橋による新技術導入の実証検討】

先端技術を駆使した床版取替え補修の実証検討

赤山橋（あかやまばし）

S49架設（山形県）→ H18管理移管（山形県⇒上山市）

橋長：16.1m、幅員：7.0m、上部工：鋼合成単純H形桁橋、設計荷重：14 t



- ◆ 床版上面の劣化や土砂化が顕著。
- ◆ 床版内部の損傷が懸念される。
- ◆ 床版下面は鋼床版補強あり。
- ◆ 路面から浸透した水が床版と鋼床版の間に滞水して流れ、主桁の腐食原因となっている。
- ◆ 対象療法的な部分的補修を行うか橋梁の長寿命化を図る観点からライフサイクルコストを考慮し床版の打ち替えを行うか要検討事項。

地方自治体との取組み事例【上山市（山形県）】



【実橋による新技術導入の実証検討】

先端技術を駆使した床版取替え補修の実証検討

上山市：赤山橋を共同研究のフィールドとして提供



＜共同研究グループ＞

東北大学IMC：全体計画、事業支援、事業評価

岩手大学：プレキャスト床版モデルの曲げ・引張・載荷試験及び評価

小野工業所：継手構造計画、現場実装

後関製作所：特殊異形鉄筋製造設計・量産化計画

東栄コンクリート（地場企業）：プレキャスト床版製造



床版撤去時の状況（損傷程度を調査・評価）

51

©IMC

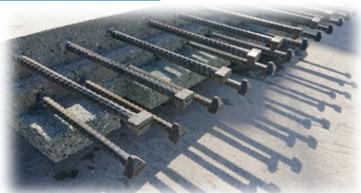
地方自治体との取組み事例【上山市（山形県）】



【実橋による新技術導入の実証検討】

先端技術を駆使した床版取替え補修の実証検討

機械式定着



プレキャスト

i-Constructionで推進する
新技術を導入



①床版の設置

地元企業による
製造・施工



②床版の設置



③間詰めコンクリート打設
（防水仕様）



④取替え終了

52

©IMC



【実橋による新技術導入の実証検討】

先端技術を駆使した床版取替え補修の実証検討



引渡し式（2019年6月6日）



山形新聞
(2019年6月7日)

事業名 赤山橋床版取替施工試験	
竣工年	令和元年5月
事業内容	タフテックを用いたプレキャストRC床版への取替試験
事業範囲	プレキャストRC床版 131㎡ (タフテック 5.8t、1608本) アスファルト舗装・防水層 107㎡ 伸縮装置 14.1m 防護柵 31.8m
共同研究グループ	
上山市長	横戸長兵衛
東北大学大学院インフラマネジメント研究センター長	久田 真
岩手大学理工学部	大西弘志
日本大学生産工学部	阿部 忠
株式会社小野工業所	代表取締役 小野晃良
株式会社後関製作所	代表取締役 後関亮作
設計施工・主体事業	株式会社小野工業所



実証検討を通じて得た成果

- ① 工事が容易なので地元企業でも対応可能
- ② プレキャスト工場（地元）での製造で耐久性の高い製品製造が可能
- ③ 現地での工期が短縮できた
- ④ 総工事費も安価にできた



<神奈川県小田原市>

- ◆ 神奈川県西部の中心都市
- ◆ 人口約19万人
- ◆ 恵まれた交通アクセス（鉄道5社）
- ◆ 箱根駅伝の中継所



- ◆ 管理橋梁：551橋
- ◆ 全体の約6割（338橋）が2m以上5m未満の小規模橋りょう
- ◆ 点検費用+修繕費用に加えて、**こ線橋対応（鉄道直上部費用）**のため維持管理費が増大



ICT技術を利用した点検手法（直営）の導入検討



タブレットを用いた直営点検



点検結果の整理・評価
(専門家の支援)



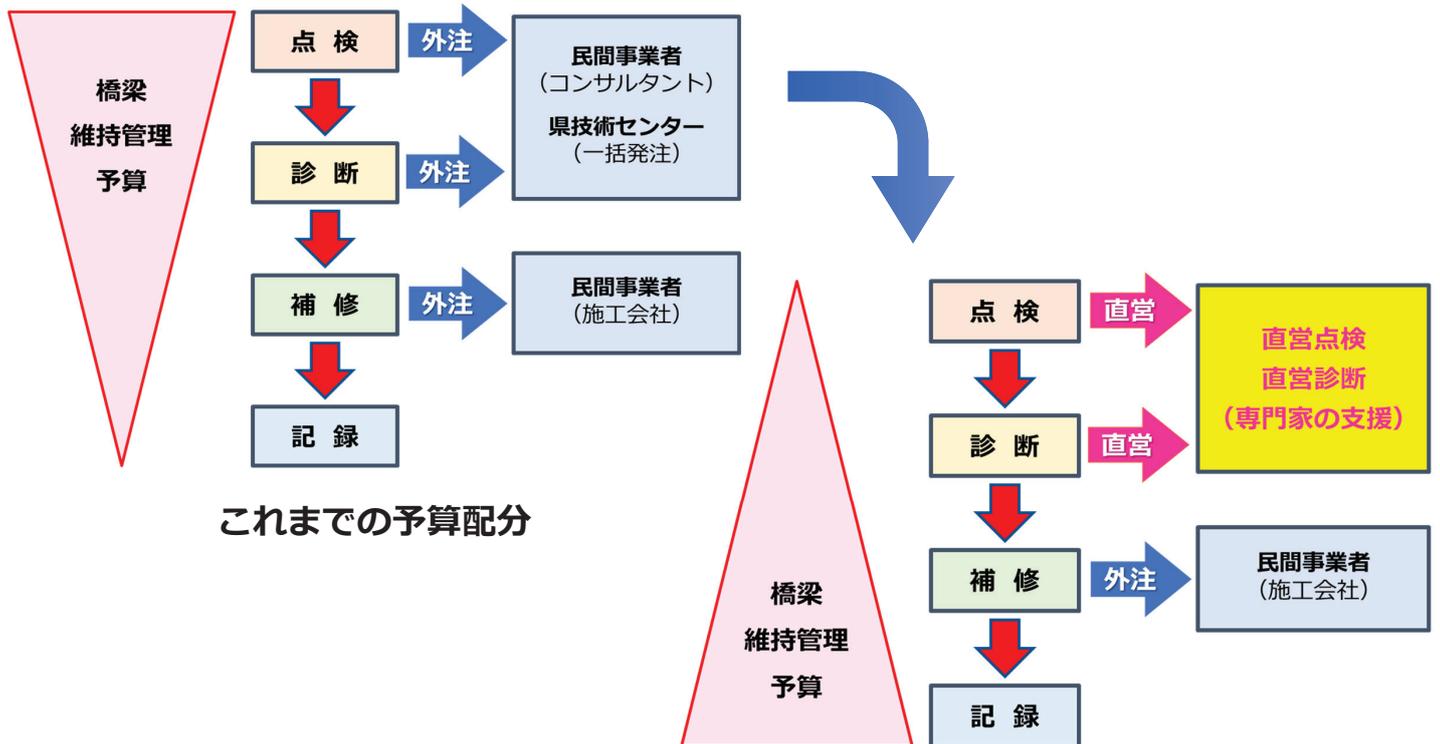
勉強会の開催
(専門家の支援)



タブレットを用いた点検の効率化



ICT技術を利用した点検手法（直営）の導入検討



これまでの予算配分

今後期待される予算配分



橋りょう点検のイメージ

橋りょう点検



やってみる

- ・やった事ない
- ・出来ない
- ・難しそう



・技術力向上



・コスト縮減



23

小田原市殿より借用したスライドより



今後の課題（人事異動）

道水路整備課

新しく来た人



人事異動



他部署



熟練者

他部署



熟練者

他部署



熟練者

道路施設管理の組織

専門職



効率的な維持管理

22

小田原市殿より借用したスライドより

老朽化するインフラの 管理・整備に直面する **自治体管理者**



勉強会の目的・意義

現場レベルの本当の課題・ニーズを知ることは、限られた予算内で施行しなければならない自治体のインフラ修繕計画や予防保全、長寿命化を技術的に支援するためには不可欠である。

ながれ

現状改善に意欲的な自治体

第1回
インフラ維持
管理勉強会

第2回
インフラ維持
管理勉強会

モデル自治体の
選定・試行

第3回
インフラ維持
管理勉強会

モデルケース
の横展開

参加者（第1～3回）

- ・青森県 三戸町
- ・青森県 南部町
- ・秋田県 大仙市
- ・岩手県 矢巾町
- ・山形県
- ・山形県 上山市
- ・山形県 南陽市
- ・NEXCO東日本
- ・ネクスコ・エンジニアリング東北
- ・宮城県 仙台市
- ・宮城県 登米市
- ・宮城県 岩沼市
- ・神奈川県 小田原市
- ・島根県
- ・島根県 奥出雲町
- ※順不同



産学官が連携したプラットフォームによる人的ネットワークを通じた技術支援の一事例として、微力ながら地域社会に貢献する事が出来たとすれば幸いです。



東日本高速道路株式会社 東北支社

59

©IMC

第1回 市町村勉強会

課題・ニーズを聞き出す

- 第1部 情報提供 先進自治体の取り組み紹介など
- 第2部 「点検・診断」「補修」「長寿命化」「IT・DB」の4つのテーマでディスカッション



第2部 「IT・DB」



第2部 「長寿命化」

各ブースにそれぞれの専門家を配し行ったディスカッションでは、少人数にしたことで率直、且つ、詳細な意見を多数聞くことができた。

60

©IMC

ニーズとシーズのマッチングを図る

- 1日目 施設見学：東日本高速道路株式会社 東北支社 道路管制センター、ハイウェイミュージアム東北
シーズ紹介：東北大学インフラ・マネジメント研究センター、
(株)ネクスコ・エンジニアリング東北、(株)ネクスコ・メンテナンス東北
- 2日目 お困りごと相談会
有識者：東日本高速道路株式会社 東北支社、(株)ネクスコ・エンジニアリング東北、
東北大学インフラ・マネジメント研究センター



施設見学



お困りごと相談会

8種のシーズを紹介し、試行への道筋がひらけた。有識者へのお困りごと相談会では、他自治体と悩みを共有し、他自治体の参考事例を知る有意義な時間となった。

シーズの試行、勉強会の成果発表

- 1日目 現場実証： 仙台市
参加機関： 自治体管理者、東日本高速道路株式会社 東北支社、(株)ネクスコ・エンジニアリング東北、
東北大学インフラ・マネジメント研究センター
- 2日目 第1部： 自治体などの取り組み紹介
第2部： 意見交換会



現場実証：ふりもみぺったん



現場実証：コロコロeye



意見交換会

参加者全員がシーズを体験。便利さ・手軽さを実感した。自治体の限られた人材・予算を効率的且つ有効に活用するモデルの構築を目指し、支援や実証を進めていく予定である。

東北大学「社会にインパクトある研究」 東北大学発ベンチャーの設立

Society 5.0 とは



サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、
経済発展と社会的課題の解決を両立する、
人間中心の**社会（Society）**



[内閣府作成]

1

64

©IMC

サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合



フィジカル（現実）空間から**センサー**と**IoT**を通じてあらゆる情報が集積（**ビッグデータ**）
人工知能（AI）がビッグデータを解析し、高付加価値を**現実空間にフィードバック**

これまでの情報社会(4.0)

Society 5.0



[内閣府作成]



3

65

©IMC

SDGs とは



外務省webより

持続可能な開発目標（SDGs）とは、2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継として、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年から2030年までの国際目標です。

持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人として取り残さない（leave no one behind）ことを誓っています。SDGsは発展途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサル（普遍的）なものであり、日本としても積極的に取り組んでいます。



Public Private Action for Partnership!!
 SDGsを通じて、豊かで活力ある未来を創る

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/index.html>

66

©IMC



SDGs 実現のための我が国の柱

1. Society 5.0 の推進
2. 地方創生
3. 次世代・女性のエンパワーメント



Public Private Action for Partnership!!
SDGsを通じて、豊かで活力ある未来を創る



<https://www.gov-online.go.jp/cam/s5/>

67

©IMC

東北大学「社会にインパクトある研究」



A. 持続可能環境の実現 A0 環境価値学 A1 地球温暖化 A2 自然共生 A3 エネルギー A4 資源循環		B. 健康長寿社会の実現 B1 恒常性維持 B2 個別化医療 B3 認知症ゼロ B4 口から健康 B5 人の医薬品		C. 安全安心の実現 C1 実践防災学 C2 創未来インフラ C3 感染症超克 C4 放射線安全社会	
D. 世界から敬愛される国づくり D1 創造日本学 D2 近隣国理解 D3 情報価値学 D4 情報の未来 D5 ものづくり		E. しなやかで心豊かな未来創造 E1 心の豊かさ E2 長寿社会 E3 東北が光に E4 新生食産業		F. 生命と宇宙が拓く交感する未来へ F1 生命の奇跡 F2 宇宙を拓く	
G. 社会の枢要に資する大学 G00 大学の意義 G1 教育の本源 G2 科学の社会的役割 G3 人と法政治 G4 公正社会へ					

東北大学は、2016年、現代社会の抱える諸問題を解決し、人類が融和的に共存できる心豊かな未来を創造するため、「**社会にインパクトある研究**」を立ち上げた。

東北大学はこれらの研究を、研究者個人としてはもとより組織として、また国内外の他学術機関・行政機関・産業界や社会とも連携して、**数十年先を見据えて長期的に推進し、人類のあるべき姿を根源的に探究するとともに、新たな価値観・世界観をも創出し、その理念と成果を、人口減少著しい東北から日本・世界へと展開し、世代を超えてその意義を伝え、「持続可能で心豊かな社会」を創造し、新たな文明の構築を目指す。**

グランドデザイン グランドデザイン(PDF) (2016年10月24日更新版)	研究・開発・実践例 研究・開発・実践例(PDF) (2016年12月1日更新版)	プロジェクトメンバー一覧 プロジェクトメンバー一覧(PDF) (2016年12月7日更新版)
--	---	---

【東北大学】社会にインパクトある研究
<http://impact.bureau.tohoku.ac.jp/>

68

©IMC



A. 持続可能環境の実現	B. 健康長寿社会の実現	C. 安全安心の実現
A0 環境価値学 A1 地球温暖化 A2 自然共生 A3 エネルギー A4 資源循環	B1 恒常性維持 B2 個別化医療 B3 認知症ゼロ B4 口から健康 B5 人の医薬品	C1 実践防災学 C2 創未来インフラ C3 感染症超克 C4 放射線安全社会
D. 世界から敬愛される国づくり	E. しなやかで心豊かな未来創造	F. 生命と宇宙が拓く交感する未来へ
D1 創造日本学 D2 近隣国理解 D3 情報価値学 D4 情報の未来 D5 ものづくり 理念 公開中	E1 心の豊かさ E2 長寿社会 E3 東北が光に E4 新生食産業	F1 生命の奇跡 F2 宇宙を拓く
G. 社会の要に資する大学		
G00 大学の意義 G1 教育の本源 G2 科学の社会的役割 G3 人と法政治 G4 公正社会へ		

【東北大学】社会にインパクトある研究
<http://impact.bureau.tohoku.ac.jp/>

Public Private Action for Partnership!!
 SDGsを通じて、豊かで活力ある未来を創る

東北大学は「社会との連携～社会創造・震災復興」を重要課題の一つとして掲げています。「東北大学復興アクション：8大プロジェクト」と「社会にインパクトある研究」を両輪とする東北大学版SDGs活動を新たな社会連携の取組みとして位置づけ、国内外の広範なパートナーの協力の下に積極的に推進し、国連のSDGsの達成にも貢献していきます。



A. 持続可能環境の実現	B. 健康長寿社会の実現	C. 安全安心の実現
A0 環境価値学 A1 地球温暖化 A2 自然共生 A3 エネルギー A4 資源循環	B1 恒常性維持 B2 個別化医療 B3 認知症ゼロ B4 口から健康 B5 人の医薬品	C1 実践防災学 C2 インフラ C3 感染症超克 C4 放射線安全社会
D. 世界から敬愛される国づくり	E. しなやかで心豊かな未来創造	F. 生命と宇宙が拓く交感する未来へ
D1 創造日本学 D2 近隣国理解 D3 情報価値学 D4 情報の未来 D5 ものづくり 理念 公開中	E1 心の豊かさ E2 長寿社会 E3 東北が光に E4 新生食産業	F1 生命の奇跡 F2 宇宙を拓く
G. 社会の要に資する大学		
G00 大学の意義 G1 教育の本源 G2 科学の社会的役割 G3 人と法政治 G4 公正社会へ		

暮らしを豊かにする 創未来インフラの構築

～「造る」から「活かす」、そして「生きる」へ～

これまで「造る」ことに重点が置かれてきた社会インフラを「活かす」ことまでをも包含した未来創造型のインフラとして蘇えらせることが肝要であり、この創未来型のインフラを通じて社会関係資本（Social Capital）を再構築することが極めて重要である。

本プロジェクトの主眼は、東北地方をはじめとして、我が国の人々がより豊かに「生きる」暮らしを実現すると共に、安全と安心が確保された未来社会を創造し繁栄へと導く創未来インフラの構築を実現させるところにある。

将来は、この創未来インフラの基本となる地域のグランドデザインならびにこれを達成するために基軸となる諸技術を、世界にもインパクトを与える先駆的なモデルケースとして展開することを目指す。

※イラストのアイコン：グランドデザインも公開済み

暮らしを豊かにする創未来インフラの構築 ～「造る」から「活かす」、そして「生きる」へ～

課題解決のコンセプト



これまでのインフラ

新たに「造る」ことを重視した、国民の福祉と経済に必要な構造物（病院・道路・港湾・鉄道・水道等）

創未来インフラとして蘇らせる

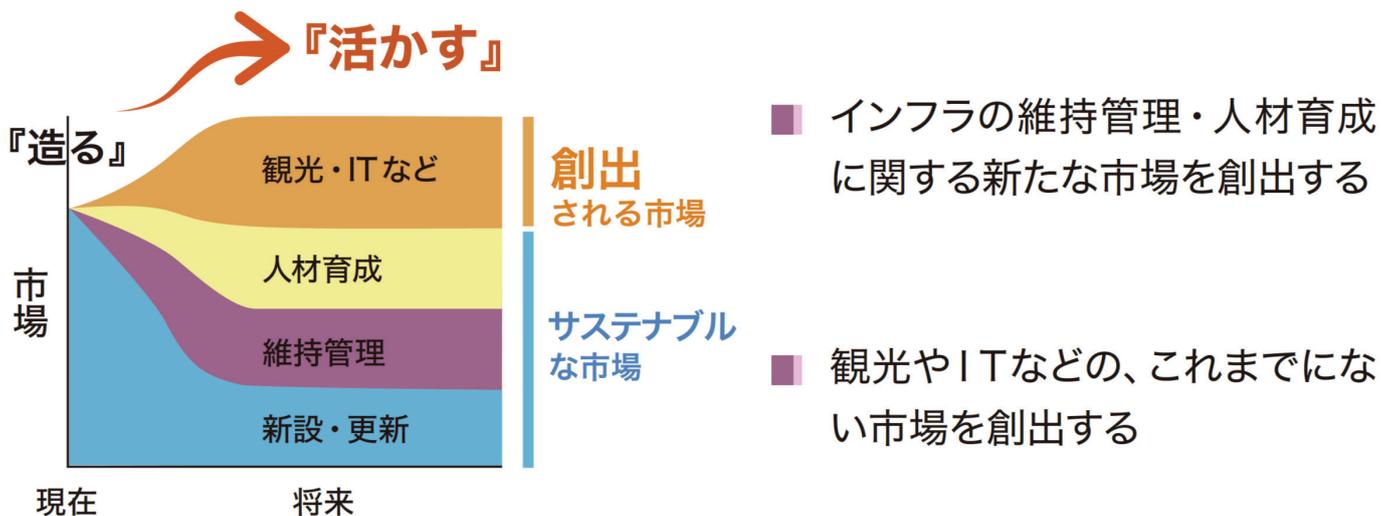
インフラを地域社会発展のパイプ役となる「社会関係資本 (Social Capital)」と捉え、これを「創未来インフラ」と位置付け、多面的に「活かす」

地域の活性化

インフラを活用することで、生産性の向上、生活の質の向上等が期待され、人々が豊かに「生きる」地域づくりへ繋がる

暮らしを豊かにする創未来インフラの構築 ～「造る」から「活かす」、そして「生きる」へ～

プロジェクトの効果



インフラを最大限に「活かす」ことで、新たな市場を創出し、地域の活性化に結び付ける

NEDO : インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト 「道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発」

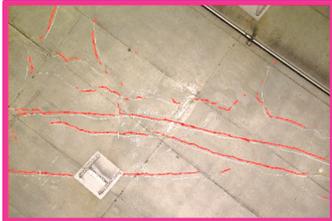
採択期間：
2014年8月～2019年2月

◆研究実施体制

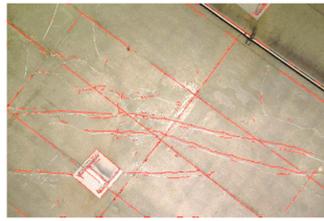
首都高技術(株)、東北大学、(国研)産業技術総合研究所

◆ひび割れ自動検出技術

本技術



市販ソフト

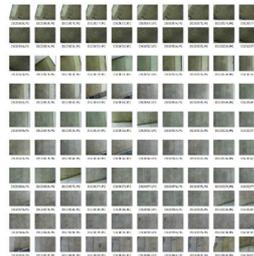


ひび割れ形状の特徴そのものに着目した処理技術を開発し、
深層学習を適用。

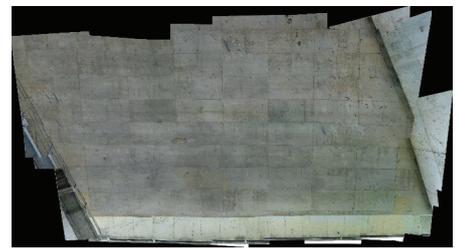
- 多数の点検画像をもとに学習型検出器を最適化し、
コンクリート構造物のひび割れを **81%** の精度で検出
- 高精度ひび割れ検出技術をコアにしたモニタリング
システムを実現

◆パノラマ合成技術

分割写真



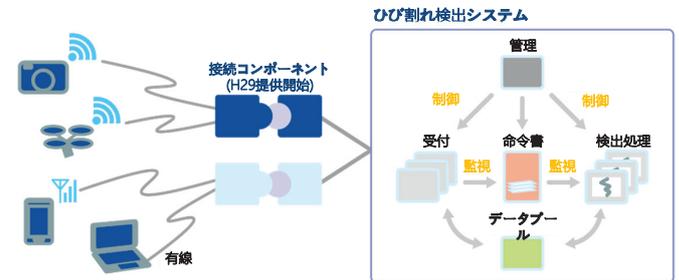
合成写真



特徴の少ないコンクリート表面でも処理可能な技術を開発し適用。
手作業で2時間かけて合成していたものを、**わずか数分**で高速合成！

◆モニタリングシステム

平成29年度に、ひび割れ検出サービスの提供開始。



73

©IMC

東北大学ビジネス・インキュベーション・プログラム(BIP) : 2017年度第2回BIP「育成」に採択 「インフラ維持管理の本格化に向けたAIを活用した 画像処理技術によるひび割れ検出システムの開発と実用化」

研究期間：
2018年4月～2019年2月

◆開発技術

- 全国の社会インフラを対象に、コンクリートの損傷状況(ひび割れ等)を自動検出し、
モニタリングするシステムを開発
- 構造物の補修・補強および更新を行う上で重要なコンクリートの損傷状況を定量的に把握でき、
精密かつ効率的な経過観察が可能

◆実用化に向けた取組み



市場形成及び顧客キーファクターとして、
東北大学IMCで構築している
「東北インフラ・マネジメント・プラットフォーム」を活用

現状の点検

- ・近接目視点検：5年に1回
(道路法により義務化)
- ・特殊作業車の使用(高コスト)
- ・技術者の減少(少子高齢化)
- ・予算の縮減

ドローンやデータベース、
AI技術を活用して
点検・補修業務を支援

改善

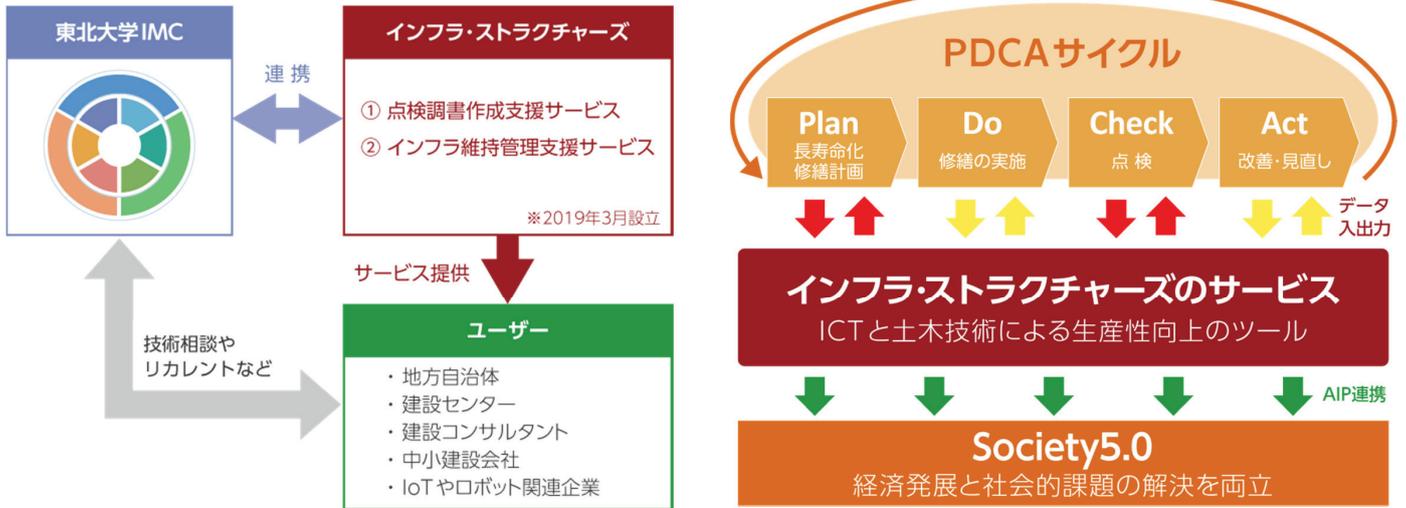
- ・近接目視相当の高精度
- ・特殊作業車の不使用(低コスト)
- ・診断技術の定量化
- ・コスト縮減と効率化

74

©IMC



株式会社インフラ・ストラクチャーズ



東北大学IMCの研究開発、そして東北大学ビジネス・インキュベーション・プログラムの支援から生まれたベンチャー会社「株式会社インフラ・ストラクチャーズ」は、ICT（情報通信技術）と土木技術の融合体で社会インフラの安心・安全を目指しています。

インフラの維持管理データベースにAI技術を組み合わせ、地方自治体に寄り添い、インフラ管理者の視点に立って点検診断・補修設計業務の効率化をご支援して参ります。

75

©IMC



東北大学大学院工学研究科 インフラ・マネジメント研究センター

Center for Infrastructure Management Research, Tohoku University

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11 総合研究棟11階

TEL 022-721-5503 / FAX 022-795-5058

E-mail inquiry-imc@grp.tohoku.ac.jp

ホームページURL <http://imc-tohoku.org/>

インフラ・マネジメント研究センターは、東北大学大学院工学研究科内で初めて設置された産学官連携センターです。(2014年1月設立)



株式会社インフラ・ストラクチャーズ

Infra Structures Inc.

〒980-0022 仙台市青葉区五橋1丁目7-15 ピースビル五橋

TEL 022-796-9935

E-mail info-is@infrastructures.jp

ホームページURL <https://infrastructures.jp/>

株式会社インフラ・ストラクチャーズは、インフラ・マネジメント研究センターから派生した東北大学発のベンチャー企業です。(2019年3月設立)

76

©IMC

講 演

関東地方における 道路メンテナンスの最近の話題

国土交通省 関東地方整備局
道路部長 山本 悟司



国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

■目次

1. 道路行政を取り巻く最近の情勢について
2. 直轄国道の維持管理における取り組み
3. 関東道路メンテナンスセンター
4. 直轄国道の維持管理における今後の展開

道路行政を 取り巻く最近の情勢について

2

平成31年度道路関係予算総括

事 項		事業費	対前年度比	国 費	対前年度比
直 轄 事 業		15,718	1.01	15,718	1.01
改 築 そ の 他		10,728	1.00	10,728	1.00
維 持 修 繕		3,811	1.04	3,811	1.04
諸 費 等		1,179	1.02	1,179	1.02
補 助 事 業		3,445	2.11	1,965	2.02
地域高規格道路、IC等アクセス道路その他		1,995	1.47	1,106	1.46
大規模修繕・更新		380	3.23	213	3.29
除 雪		162	1.04	108	1.04
連続立体交差事業		909	皆増	490	皆増
補助率差額		—	—	48	0.97
有 料 道 路 事 業 等		24,879	1.02	175	1.24
小 計 (①)		44,043	1.06	17,858	1.07
防災・安全交付金(無電柱化推進計画支援事業)		544	皆増	290	皆増
社会資本整備総合交付金(交通拠点連携集中支援事業(国債義務額等))		43	—	26	—
合 計		44,630	1.05	18,173	1.05
(臨時・特別の措置を含む場合)					
防災・減災、国土強靱化のための緊急対策 (②)		1,489	皆増	1,489	皆増
小 計 (①+②)		45,532	1.09	19,346	1.16

[参考]公共事業関係費

(国費)通常分(A): 60,596億円(対前年度比1.01)、臨時・特別の措置(B): 8,503億円(皆増) 計(A+B) 69,099億円(対前年度比1.16)
 ※補助事業 国費1,965億円には、個別補助制度創設等に伴う社会資本整備総合交付金からの移行分 国費970億円を含む。
 ※この他に、防災・安全交付金(国費13,173億円[対前年度比1.18](臨時・特別の措置を除く場合 国費10,406億円[対前年度比0.94]))、社会資本整備総合交付金(国費8,713億円[対前年度比0.98](臨時・特別の措置を除く場合 国費8,364億円[対前年度比0.94]))があり、地方の要望に応じて道路整備に充てることができる。上記には、防災・安全交付金(無電柱化推進計画支援事業)及び社会資本整備総合交付金(交通拠点連携集中支援事業(国債義務額等))を含む。
 ※この他に、東日本大震災からの復旧・復興対策事業(国費1,744億円[対前年度比0.83])がある。また、東日本大震災からの復旧・復興対策事業として社会資本整備総合交付金(国費1,226億円[対前年度比1.28])があり、地方の要望に応じて道路整備に充てることができる。

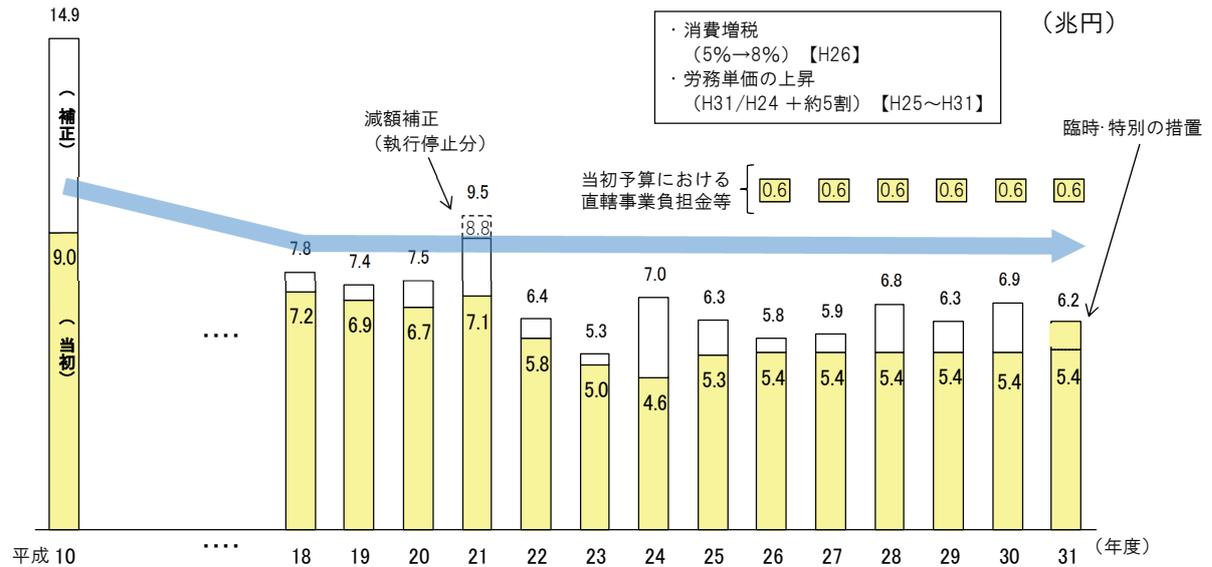
注1. 上記の他に、行政部費(国費9億円)がある。

注2. 直轄事業の国費には、地方公共団体の直轄事業負担金(3,093億円(臨時・特別の措置を除く場合 2,957億円))を含む。

注3. 四捨五入の関係で、各計数の和が一致しないところがある。

3

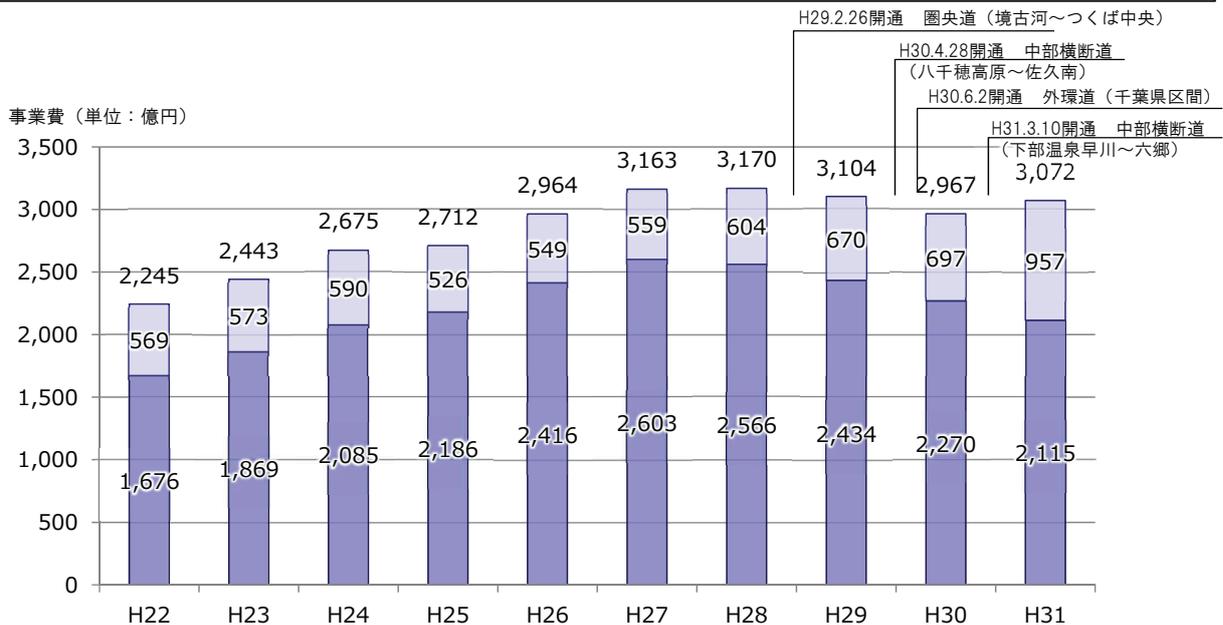
公共事業関係費(政府全体)の推移



※本表は、予算ベースである。
 ※平成21年度は、平成20年度で特別会計に直入されていた「地方道路整備臨時交付金」相当額(0.7兆円)が一般会計上に切り替わったため、見かけ上は前年度よりも増加(+5.0%)しているが、この特殊要因を除けば6.4兆円(▲5.2%)である。
 ※平成23年度及び平成24年度については同年度に地域自主戦略交付金へ移行した額を含まない。
 ※平成25年度は東日本大震災復興特別会計繰入れ(356億円)及び国有林野特別会計の一般会計化に伴い計上されることとなった直轄事業負担金(29億円)を含む。また、これら及び地域自主戦略交付金の廃止という特殊要因を考慮すれば、対前年度+182億円(+0.3%)である。
 ※平成26年度については、社会資本整備事業特別会計の廃止に伴う経理上の変更分(これまで同特別会計に計上されていた地方公共団体の直轄事業負担金等を一般会計に計上)を除いた額(5.4兆円)と、前年度(東日本大震災復興特別会計繰入れ(356億円)を除く。)を比較すると、前年度比+1,022億円(+1.9%)である。なお、消費税率引き上げの影響を除けば、ほぼ横ばいの水準である。
 ※この他に、平成23~31年度においては、東日本大震災の被災地の復旧・復興や全国的な防災・減災等のための公共事業費がある。
 ※臨時・特別の措置等については、地方公共団体の直轄事業負担金等を除いた額である。(地方公共団体の直轄事業負担金等を含んだ臨時・特別の措置は8,503億円である)

関東地方整備局の直轄道路事業予算(当初予算)

- 近年、圏央道、外環道、中部横断道の開通及び財政投融資の活用に伴い、改築費は減少傾向。
- 一方、老朽化への対応及び「防災・減災、国土強靱化のための3カ年緊急対策」の実施等により維持修繕費等は増加傾向。



※営繕宿舍費、調査費等を除く
 ※東日本大震災復興・復旧に係る経費を除く
 ※圏央道(久喜白岡JCT~大栗JCT)4車化と圏央道(大栗JCT~松尾横芝JCT)の整備加速については、平成30年度より関東地方整備局の予算とは別に、財政投融資を活用している。

■防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策の概要

※内閣官房国土強靱化推進室発表資料を一部編集

1. 基本的な考え方

○本対策は、「重要インフラの緊急点検の結果及び対応方策」(平成30年11月27日重要インフラの緊急点検に関する関係閣僚会議報告)のほか、ブロック塀、ため池等に関する既往点検の結果等を踏まえ、
 ・防災のための重要インフラ等の機能維持
 ・国民経済・生活を支える重要インフラ等の機能維持
 の観点から、国土強靱化基本計画における45のプログラムのうち、重点化すべきプログラム等20プログラムに当たるもので、特に緊急に実施すべきハード・ソフト対策について、3年間で集中的に実施する。

2. 取り組む対策の内容・事業規模の目途

○緊急対策160項目
 ○財政投融资の活用を含め、おおむね7兆円程度を目途とする事業規模(※1、※2)をもって実施。

I. 防災のための重要インフラ等の機能維持

- (1)大規模な浸水、土砂災害、地震・津波等による被害の防止・最小化
- (2)救助・救急、医療活動等の災害対応力の確保
- (3)避難行動に必要な情報等の確保

おおむね3.5兆円程度

おおむね2.8兆円程度

おおむね0.5兆円程度

おおむね0.2兆円程度

II. 国民経済・生活を支える重要インフラ等の機能維持

- (1)電力等エネルギー供給の確保
- (2)食料供給、ライフライン、サプライチェーン等の確保
- (3)陸海空の交通ネットワークの確保
- (4)生活等に必要な情報通信機能・情報サービスの確保

おおむね3.5兆円程度

おおむね0.3兆円程度

おおむね1.1兆円程度

おおむね2.0兆円程度

おおむね0.02兆円程度

(※1)
 うち、財政投融资を活用した事業規模としておおむね0.6兆円程度を計上しているほか、民間負担をおおむね0.4兆円程度と想定している。平成30年度第一次補正予算等において措置済みの事業規模0.3兆円を含む。

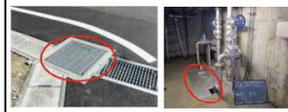
(※2)
 四捨五入の関係で合計が合わないところがある。

3. 本対策の期間と達成目標

○期間：2018年度(平成30年度)～2020年度(平成32年度)の3年間
 ○達成目標：防災・減災、国土強靱化を推進する観点から、特に緊急に実施すべき対策を、完了(概成)又は大幅に進捗させる。

■防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策(道路関係)

○重要インフラの緊急点検結果等を踏まえ「国民経済・生活を支える重要インフラ等の機能維持」の観点から、特に緊急に実施すべきハード・ソフト対策について、2020年度までの3年間で集中的に実施する。

法面・盛土	冠水	越波・津波	耐震
<p>土砂災害等の危険性が高く、社会的影響が大きい箇所約2,000箇所について、土砂災害等に対応した道路法面・盛土対策、土砂災害等を回避する改良や道路拡幅などの緊急対策を概ね完了。</p>  <p><法面法枠工> <危険箇所を回避するミニバイパス></p>	<p>冠水発生のおそれのある箇所について、道路(約1,200箇所)及びアンダーパス部等(約200箇所)の排水能力向上のため排水施設の補修等の緊急対策を概ね完了。</p>  <p><排水施設> <排水ポンプ></p>	<p>越波・津波の危険性のある約80箇所について、消波ブロック整備等の越波防止対策、ネットワーク整備による越波・津波に係る緊急対策を概ね完了。</p>  <p><消波・根固ブロック> <ネットワーク整備></p>	<p>耐震対策未実施の橋梁約600箇所※1、道の駅約30箇所※2について、耐震補強に係る緊急対策を概ね完了。</p> <p>※1：緊急輸送道路上の橋梁の内、今後30年間に震度6以上の揺れに見舞われる確率が26%以上の地域にあり、事業実施環境が整った橋梁 ※2：地域防災計画に位置づけがあり、耐震対策未実施の道の駅</p>  <p><橋梁の耐震対策> <道の駅の耐震対策></p>
踏切	停電・節電	豪雪	無電柱化
<p>救急活動や人流・物流等に大きく影響を与える可能性がある踏切約200箇所について、長時間遮断時に優先的に開放する踏切への指定等や踏切の立体交差化等の緊急対策を実施。うち、約20箇所において期間内に立体交差化を完了。</p>  <p><単独立体交差事業> <連続立体交差事業></p>	<p>停電により情報が遮断され管理上支障が生じる恐れのある道路施設約1,600箇所※1、道の駅約80箇所※2等について、無停電設備(発動発電機、蓄電池)の整備等の緊急対策を概ね完了。</p> <p>※1：事前通行規制区間内等にある道路施設で無停電設備が未設置な箇所等 ※2：地域防災計画に位置づけがあり、無停電設備が未整備な道の駅</p>  <p><無停電装置> <自家発電装置></p>	<p>道路上での車両滞留の発生を踏まえ、大規模な車両滞留リスクのある約700箇所について待避場所等のスポット対策や除雪車増強の体制強化等の緊急対策を概ね完了。</p> <p>※1：事前通行規制区間内等にある道路施設で無停電設備が未設置な箇所等 ※2：地域防災計画に位置づけがあり、無停電設備が未整備な道の駅</p>  <p><除雪機械の増強> <チェーン着脱場></p>	<p>既往最大風速が一定程度以上で、電柱倒壊の危険性の高い市街地の緊急輸送道路の区間(約1万km)において、災害拠点へのアクセスルートで事業実施環境が整った区間約1,000kmについて、無電柱化を実施。</p>  <p><電柱ハザードマップ></p>

(注) 道の駅及び踏切以外の『箇所』の計上方法については、路線別に都道府県毎の区間を1箇所としています。

道路事業における防災・安全交付金の重点配分の概要

道路施設の適確な老朽化・地震対策

○省令・告示に基づく定期点検、個別施設ごとの長寿命化計画の策定
 ○計画に基づく修繕・更新・撤去

⇒「定期点検」・「長寿命化計画の策定」に対して特に重点的に配分
 ⇒点検を計画的に実施している地方公共団体が行う
 「修繕」・「更新」・「撤去」に対して特に重点的に配分

個別施設ごとの長寿命化計画

- 橋梁
- トンネル
- 大型構造物

跨線橋の点検 橋梁の修繕 橋梁の撤去

○高速道路・直轄国道をまたぐ跨道橋の耐震化

橋脚補強 落橋防止構造

危険な密集市街地の事例

整備後のイメージ

熊本地震の事例

通学路等の生活空間における交通安全対策

○歩行空間の確保等の通学路における交通安全対策
 ⇒点検等を継続的に実施している団体が行う対策に対して特に重点的に配分
 ⇒ビッグデータを活用した生活道路対策に対して特に重点的に配分

○踏切道の拡幅等の踏切における事故対策
 ⇒踏切道改良計画に基づく事業に対して特に重点的に配分

○鉄道との結節点における歩行空間のユニバーサルデザイン化

○地方版自転車活用推進計画に基づく自転車通行空間整備

○歩道幅員が狭く、段差があり転倒の危険

○踏切道の拡幅

○ユニバーサルデザイン化

○自転車と絡繰り危険

○抜け道として利用する大型車が多く危険

○狭さく、ハンパ等の設置

○自由通路

○駅前広場のユニバーサルデザイン化

○特定道路

○踏切の除却（単独立体交差化など）

○自転車通行空間整備

○カラー舗装

○歩道橋

○カラー舗装

○自由通路

○駅前広場のユニバーサルデザイン化

○特定道路

○踏切の除却（単独立体交差化など）

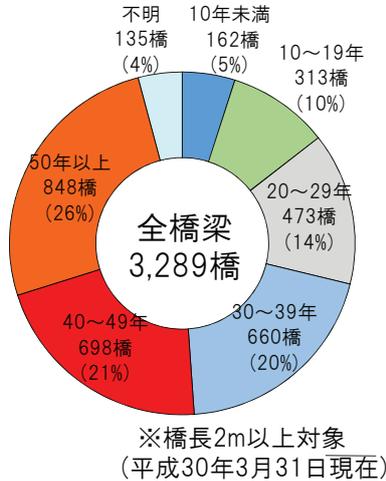
○自転車通行空間整備

直轄国道の維持管理における取り組み

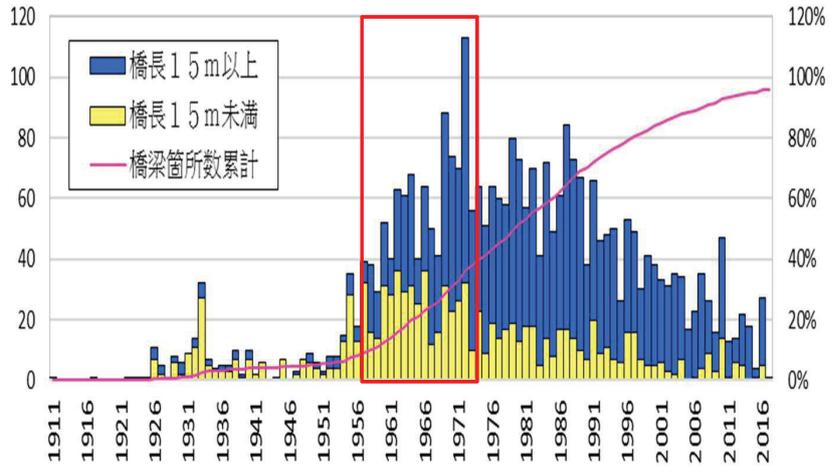
管内の橋梁の現状

- 関東地方整備局が管理する道路橋は3,289橋（溝橋含む）。 ※1
- 全体の約32%にあたる約1,040橋が高度経済成長期（1955年～1973年）に建設。

※1 平成30年3月31日時点



建設後の経過年数内訳

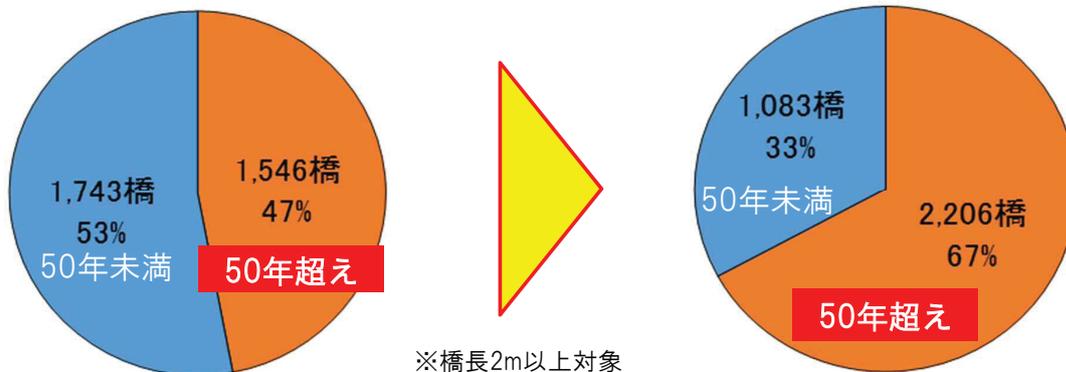


建設年度別の橋梁箇所数の分布

10

管内の橋梁の現状

- 20年後には、建設後50年以上経過した割合が67%まで急激に増加。



【10年後】2027年

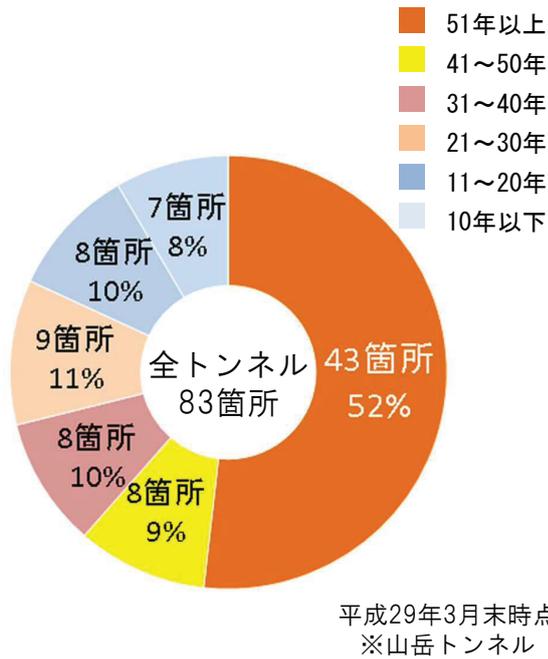
【20年後】2037年

建設後50年以上の橋梁箇所数の割合

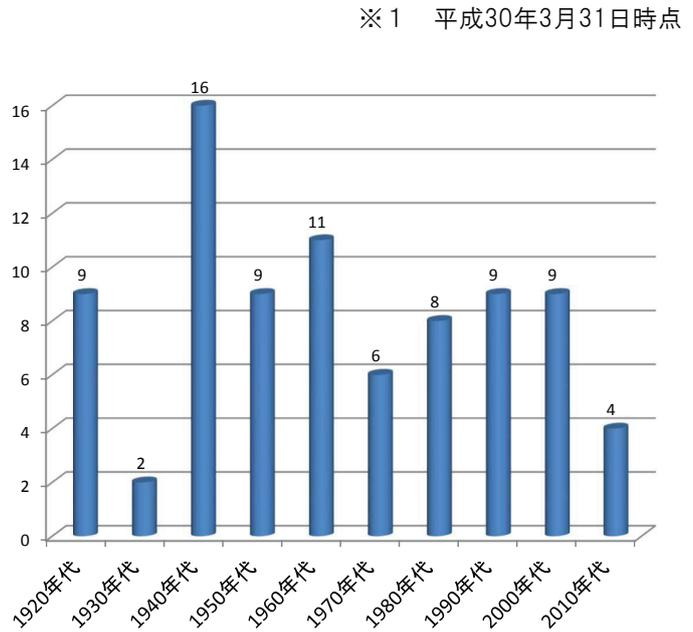
11

管内のトンネルの現状

○関東地方整備局が管理する道路トンネルは83箇所（山岳トンネル）。※1



建設後の経過年数内訳

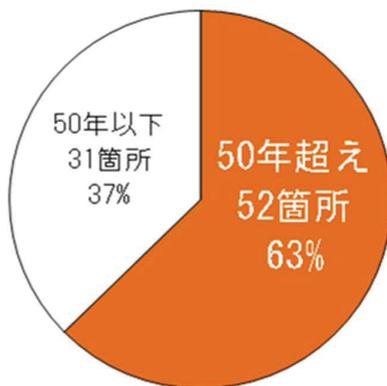


建設年代別のトンネル箇所数の分布

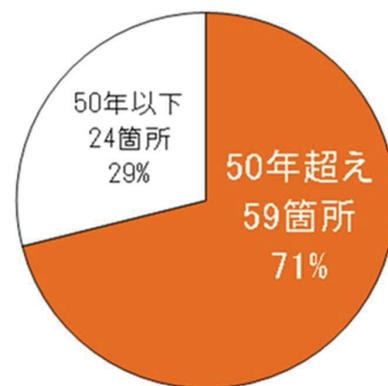
12

管内のトンネルの現状

○20年後には、建設後50年以上経過した割合が70%まで増加。



【10年後】2026年



【20年後】2036年

建設後50年以上のトンネル箇所数の割合

13

メンテナンスサイクルの構築、推進

○平成24年12月に中央自動車道笹子トンネルにて天井板落下事故が発生。

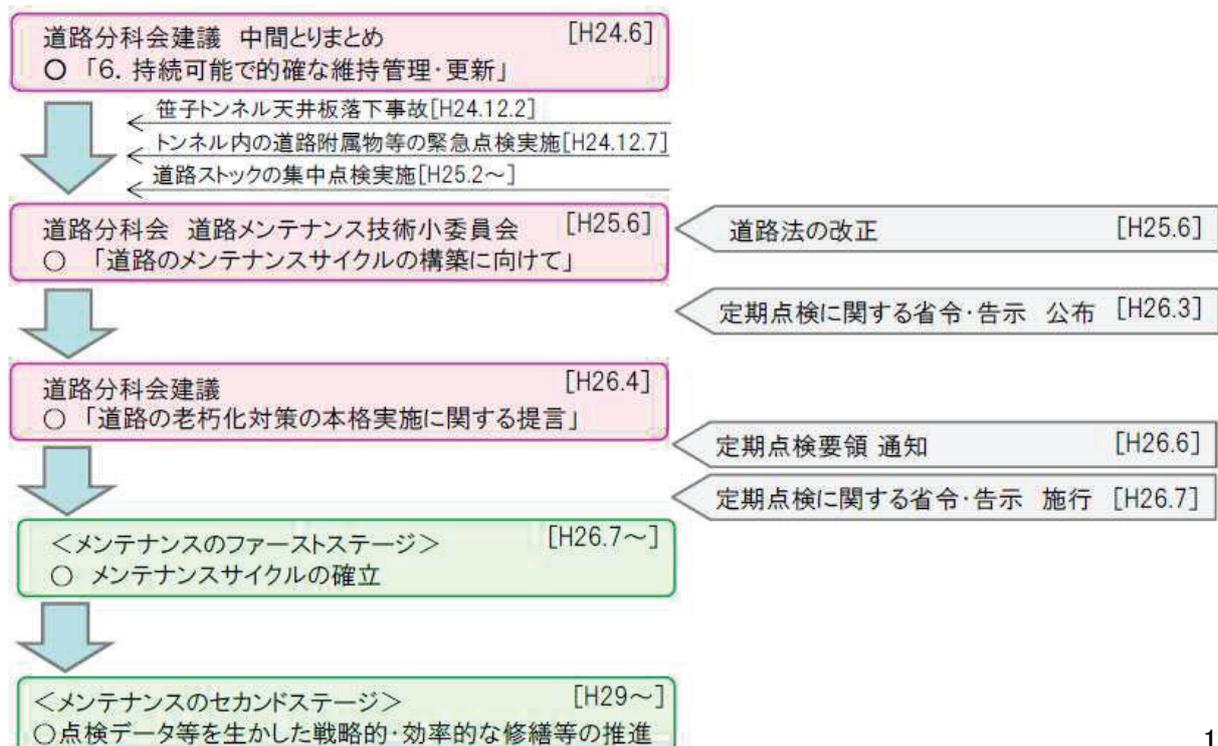
- ・発生日時：平成24年12月2日(日) 8:03頃
- ・発生場所：中央自動車道(上り)笹子トンネル内(延長4.7km、大月JCT～勝沼IC間)
- ・発生状況：東坑口から約1.7km付近において、トンネル天井板が落下。車両3台が下敷き、うち2台が火災となり焼損。死者9名、負傷者2名。
- ・通行止め：【上り線】大月JCT～一宮御坂IC 【下り線】大月JCT～勝沼IC
(12月29日13時より、下り線を用いた対面通行で開通、2月下旬を目標に上下線各2車線通行を予定)



社会資本整備審議会道路分科会 第1回道路メンテナンス技術小委員会資料より 14

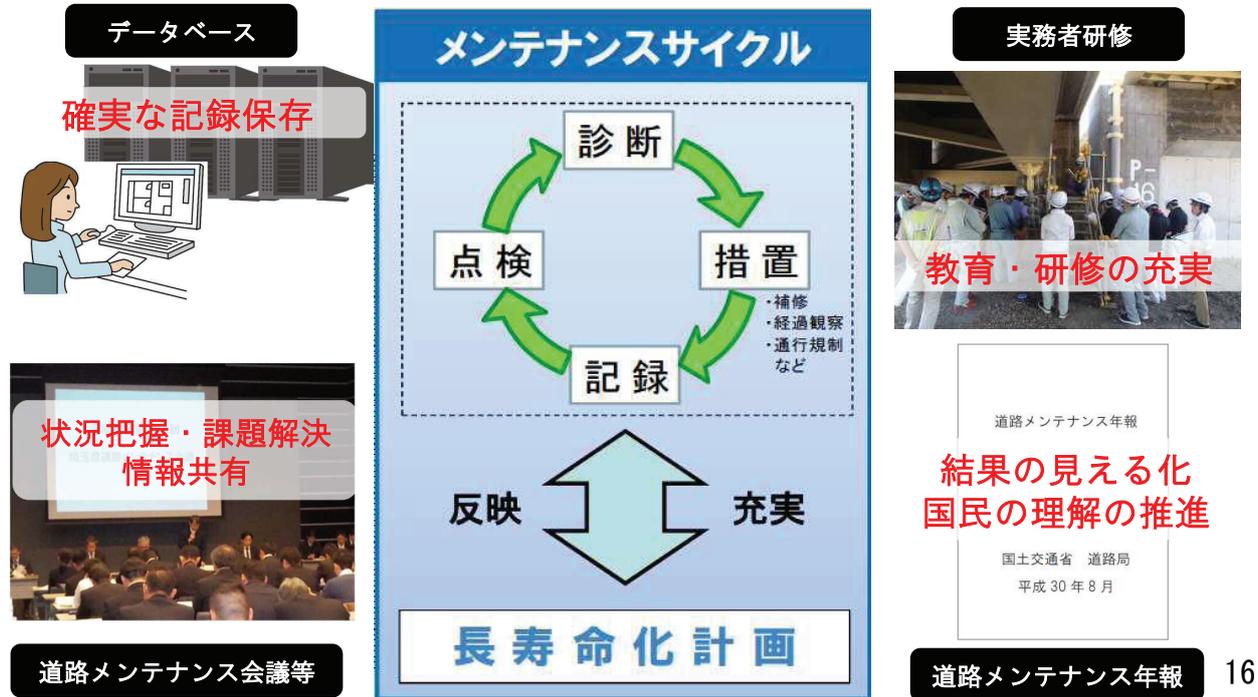
メンテナンスサイクルの構築、推進

○道路のメンテナンスサイクルの構築、推進に向けた国土交通省の動き



メンテナンスサイクルの構築、推進

- メンテナンスサイクルは、「点検→診断→措置→記録」で構成され道路管理者の責任であることを認識し推進。
- メンテナンスサイクルを持続的に回すために、支援方策の確立。



メンテナンスサイクルの構築、推進

- メンテナンスサイクルのうち「点検」と「診断」の概要は次のとおり。

〔点検〕 橋梁(約73万橋)・トンネル(約1万本)等は、国が定める統一的な基準により、5年に1度、近接目視による全数監視を実施



道路法施行規則(平成26年3月31日公布、7月1日施行)(抄)

(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)

点検は、近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること。

〔診断〕 統一的な尺度で健全度の判定区分を設定し、診断を実施

トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示(平成26年3月31日公布、7月1日施行)

トンネル等の健全性の診断結果については、次の表に掲げるトンネル等の状態に応じ、次の表に掲げる区分に分類すること。

区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

■メンテナンスサイクルの構築、推進

- 橋梁等の道路構造物は全ての施設を5年に1回点検する計画を定めている。
- 道路構造物がおかれている条件等に即した点検方法を採用している。
- 橋梁等の道路構造物の点検は規模や架橋条件等を考慮し、補修工事の足場の活用、移動足場を有する点検車の活用等により効率化とコスト縮減を図っている。



橋梁補修工事で設置した足場を橋梁点検にも利用することで、足場と規制帯の費用を縮減。現道交通規制日数も短縮。

吊り足場設置が必要となる橋梁において、移動足場（ラック足場）を採用することで、橋梁点検における足場のコストを縮減。

18

■メンテナンスサイクルの構築、推進

- 道路構造物を予防保全型の管理へ転換を図り、道路構造物の長寿命化を図る。
- 個別施設計画に基づき、計画的に点検・修繕を実施し、ライフサイクルコストの縮減と維持管理費の平準化を図る。
- 個別施設計画は最新の点検結果等に基づき毎年度更新する。



定期点検

橋も健全であるためには適切な点検・補修を継続することが重要



カルテ作成



予防保全（補修工事）

19

メンテナンスサイクルの構築、推進

- メンテナンスサイクルを回していくためには、点検・診断及び修繕した内容を記録し、次の点検や修繕へ反映することが重要。
- 点検要領で定められた点検調書に加えて、諸元、過去の点検記録や修繕記録等をまとめたカルテを作成。
- 記録の効率化を図るためデータベースへ諸元、点検・修繕記録を保存。

橋梁点検調書 (その6) 橋梁写真

橋梁点検調書 (その6) 橋梁図

橋梁点検調書 (その6) 橋梁写真

橋梁点検調書 (その6) 橋梁図

橋梁点検調書

橋梁管理カルテ

全国道路橋データベース

20

メンテナンスへの理解の促進

- 道路インフラや老朽化対策の現状を理解してもらうため、**全道路管理者**の点検の実施状況や結果等を取りまとめ、「道路メンテナンス年報」として公表。

道路メンテナンス年報

道路メンテナンス年報

国土交通省 道路局
令和元年 8月

国土交通省

道路メンテナンス年報 (平成29年度)

1. 道路メンテナンス年報 (PDF形式)
2. 道路メンテナンス年報の概要 (PDF形式)

トンネル	点検実施回数		点検結果	
	実施回数	結果	実施回数	結果
地方公共団体	高上	高上	高上	高上

○顧客先で点検する橋梁(緊急輸送道路を除く)の点検、診断結果、緊急輸送道路を構成する橋梁

管理施設	緊急輸送道路を除く特種橋		特種橋		緊急輸送道路を構成する橋梁	
	管理施設数	点検実施回数	点検結果	管理施設数	点検実施回数	点検結果
国土交通省	高上	高上	高上	高上	高上	高上

3. 道路メンテナンス年報データ集 (施設名)

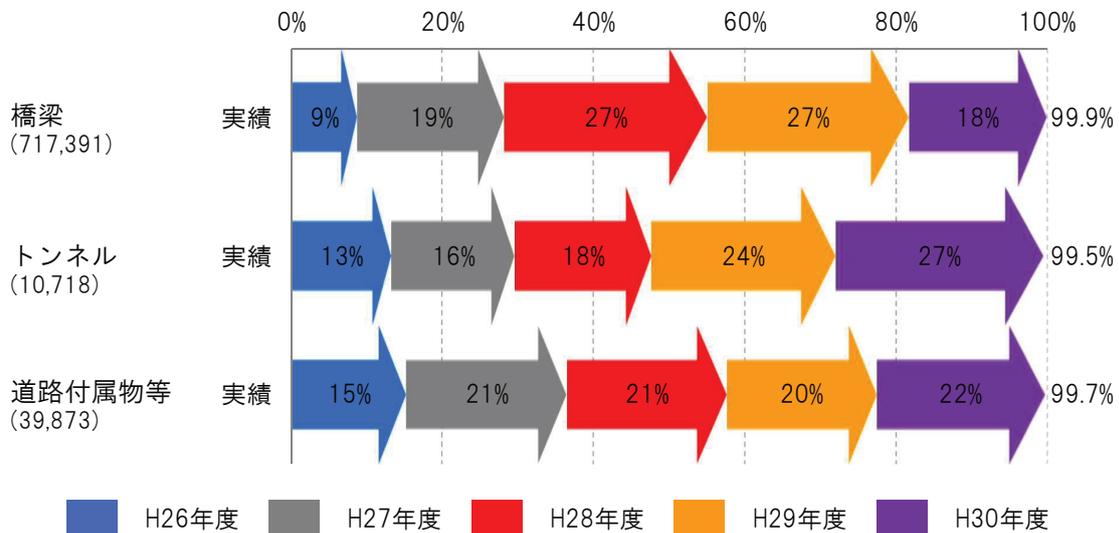
管理施設	橋梁	トンネル	シェッド	大型カブリート	橋脚歩道橋	門型橋脚等
国土交通省	高上	高上	高上	高上	高上	高上

21

定期点検一巡目の実施状況

○平成26年度以降5年間（一巡目）の点検の実施は概ね完了。（橋梁で99.9%、トンネルで99.5%、道路附属物等で99.7%）

平成26～30年度の点検実施状況

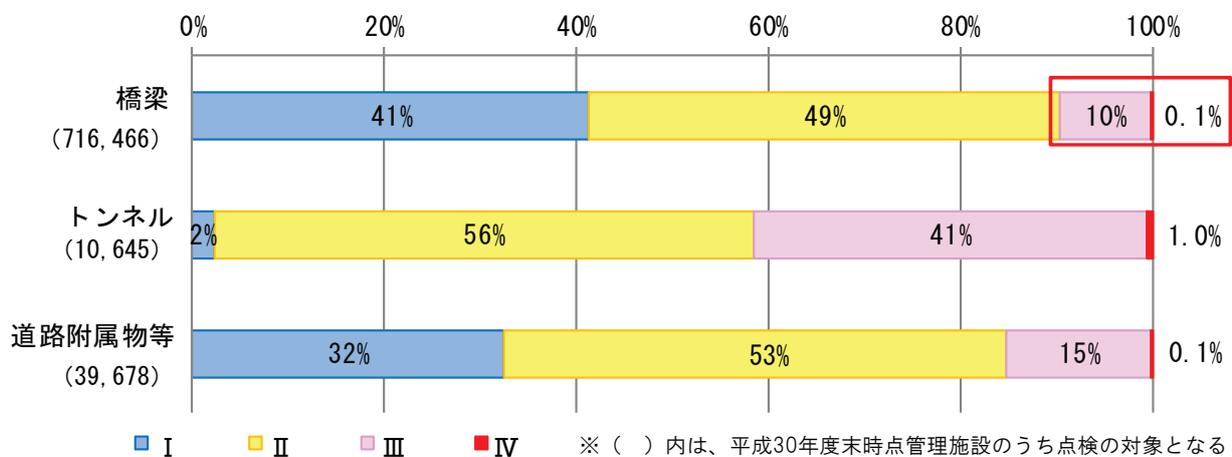


※（ ）内は、平成30年度末時点管理施設のうち点検の対象となる施設数（平成26～30年度の間に撤去された施設や、上記分野の点検の対象外と判明した施設等を除く。）
 ※道路附属物等：シェッド、大型カルバート、横断歩道橋、門型標識等

定期点検(一巡目)における判定区分の状況

○全国の橋梁における判定区分の割合は、早期に措置を講ずべき状態（判定区分Ⅲ）が10%（約68,400橋）、緊急に措置を講ずべき状態（判定区分Ⅳ）が0.1%（約700橋）となっている。

橋梁・トンネル・道路附属物等の判定区分の割合（全道路管理者合計）



※（ ）内は、平成30年度末時点管理施設のうち点検の対象となる施設数（平成30年度末時点で診断中の施設を除く）
 ※四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。

区分	状態
I	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階 構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階 構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階 構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

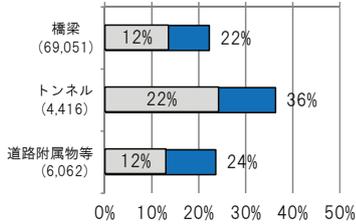
措置の状況(判定区分Ⅲ、Ⅳ)

○全国の橋梁において、次回点検までに措置を講ずべき橋梁(判定区分Ⅲ・Ⅳ)のうち修繕に着手した割合は、国土交通省管理で53%、地方公共団体管理で20%。また修繕が完了した割合は、国土交通省管理で18%、地方公共団体管理で12%。(修繕未着手は、国土交通省管理で約0.2万橋、地方公共団体管理で約5.0万橋)

○地方公共団体の管理橋について、H30末時点の点検結果を踏まえた措置の状況は、想定しているペース(判定区分Ⅲであれば次回点検の5年以内に修繕を実施)に比べて遅れている。

判定区分Ⅲ・Ⅳの橋梁における修繕着手・完了率

事後保全型(判定区分Ⅲ、Ⅳの修繕)
(H26~H30)



※平成26~30年度に点検診断済み施設のうち、判定区分Ⅲ・Ⅳと診断された施設で、修繕(設計含む)に着手(又は工事が完成)した割合(H30年度末時点)

↑: H30末時点で次回点検までの修繕実施を考慮した場合に想定されるペース

- H26点検実施施設(4年経過): 8.0%
- H27点検実施施設(3年経過): 6.0%
- H28点検実施施設(2年経過): 4.0%
- H29点検実施施設(1年経過): 2.0%
- H30点検実施施設(0年経過): 0%

管理者	修繕が必要な施設数(A)	修繕着手済み施設数(B)		修繕未着手施設数	点検年度	修繕着手率(B/A) 完了率(C/A)	
		うち完了(C)				0%	20% 40% 60% 80% 100%
国土交通省	3,427	1,811 (53%)	617 (18%)	1,616 (47%)	H26	39%	92%
					H27	27%	77%
					H28	12%	62%
					H29	7%	28%
					H30	8%	13%
高速道路会社	2,647	846 (32%)	457 (17%)	1,801 (68%)	H26	55%	78%
					H27	31%	49%
					H28	15%	41%
					H29	10%	25%
					H30	4%	7%
地方公共団体	62,977	12,700 (20%)	7,430 (12%)	50,277 (80%)	H26	26%	35%
					H27	18%	29%
					H28	12%	22%
					H29	4%	1%
					H30	2%	6%
都道府県政令市等	20,586	4,889 (24%)	2,684 (13%)	15,697 (76%)	H26	25%	34%
					H27	21%	35%
					H28	13%	26%
					H29	5%	16%
					H30	2%	9%
市区町村	42,391	7,811 (18%)	4,746 (11%)	34,580 (82%)	H26	27%	35%
					H27	16%	26%
					H28	11%	20%
					H29	4%	9%
					H30	2%	5%
合計	69,051	15,357(22%)	8,504(12%)	53,694(78%)			

措置の状況(判定区分Ⅲ、Ⅳのトンネル)

○全国のトンネルにおいて、次回点検までに措置を講ずべきトンネル(判定区分Ⅲ・Ⅳ)のうち修繕に着手した割合は、国土交通省管理で64%、地方公共団体管理で24%。また修繕が完了した割合は、国土交通省管理で37%、地方公共団体管理で13%。(修繕未着手は、国土交通省管理で186施設、地方公共団体管理で2,429施設)

○地方公共団体の管理トンネルは、H30末時点の点検結果を踏まえた措置の状況は、想定しているペース(判定区分Ⅲであれば次回点検の5年以内に修繕を実施)に比べて遅れている。

判定区分Ⅲ・Ⅳのトンネルにおける修繕着手・完了率

※平成26~30年度に点検診断済み施設のうち、判定区分Ⅲ・Ⅳと診断された施設で、修繕(設計含む)に着手(又は工事が完成)した割合(H30年度末時点)

↑: H30末時点で次回点検までの修繕実施を考慮した場合に想定されるペース

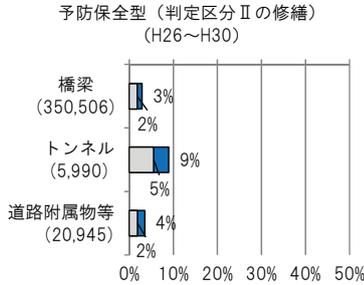
- H26点検実施施設(4年経過): 80%
- H27点検実施施設(3年経過): 60%
- H28点検実施施設(2年経過): 40%
- H29点検実施施設(1年経過): 20%
- H30点検実施施設(0年経過): 0%

管理者	修繕が必要な施設数(A)	修繕着手済み施設数(B)		修繕未着手施設数	点検年度	修繕着手率(B/A) 完了率(C/A)	
		うち完了(C)				0%	20% 40% 60% 80% 100%
国土交通省	521	335 (64%)	194 (37%)	186 (36%)	H26	73%	85%
					H27	51%	82%
					H28	24%	69%
					H29	6%	30%
					H30	4%	25%
高速道路会社	692	495 (72%)	350 (51%)	197 (28%)	H26	74%	88%
					H27	51%	89%
					H28	55%	88%
					H29	13%	41%
					H30	3%	10%
地方公共団体	3,203	774 (24%)	429 (13%)	2,429 (76%)	H26	20%	35%
					H27	31%	45%
					H28	17%	39%
					H29	6%	9%
					H30	3%	9%
都道府県政令市等	2,346	620 (26%)	341 (15%)	1,726 (74%)	H26	30%	32%
					H27	32%	46%
					H28	17%	40%
					H29	6%	15%
					H30	2%	10%
市区町村	857	154 (18%)	88 (10%)	703 (82%)	H26	29%	41%
					H27	19%	33%
					H28	13%	31%
					H29	7%	15%
					H30	4%	8%
合計	4,416	1,604(36%)	973(22%)	2,812(64%)			

措置の状況(判定区分Ⅱ)

○ライフサイクルコストの縮減に向け、予防保全型（判定区分Ⅱ）の修繕に移行する必要があるものの、現時点では事後保全型（判定区分Ⅲ・Ⅳ）の修繕よりも予防保全型の修繕に着手した割合は低い状況。

判定区分Ⅱの橋梁における修繕着手・完了率



管理者	修繕が必要な施設数 (A)	修繕着手済み施設数 (B)	うち完了 (C)	修繕未着手施設数	修繕着手率 (B/A) 完了率 (C/A)	
					0%	20%
国土交通省	11,483	2,974 (26%)	918 (8%)	8,509 (74%)	8%	26%
高速道路会社	18,979	402 (2%)	255 (1%)	18,577 (98%)	1%	2%
地方公共団体	320,044	6,812 (2%)	4,955 (2%)	313,232 (98%)	2%	2%
都道府県政令市等	92,862	5,323 (2%)	1,041 (1%)	91,373 (98%)	1%	2%
市区町村	227,182	5,323 (2%)	3,914 (2%)	221,859 (98%)	2%	2%
合計	350,506	10,188(3%)	6,128(2%)	340,318(97%)	修繕完了済	修繕着手済

※平成26～30年度に点検診断済み施設のうち、判定区分Ⅱと診断された施設で、修繕（設計含む）に着手（又は工事が完成）した割合（H30年度末時点）

定期点検要領の改訂について

○定期点検要領の改訂における背景と方向性は次のとおり。

背景と改訂の方向性

- 定期点検が一巡（H31年度から2巡目）
- 定期点検後に第三者の安全に影響を与える変状が発生したり、変状の見落としを確認
- 点検支援技術（写真撮影、非破壊検査等）について、技術開発が進展

**診断の質を確保・向上しつつ、
道路管理者が様々な合理化のための工夫ができるよう改訂すべき**

改訂の対象

- 道路橋定期点検要領(H26.6)
- 横断歩道橋定期点検要領 (H26.6)
- 道路トンネル定期点検要領(H26.6)
- シェッド、大型カルバート等定期点検要領 (H26.6)
- 門型標識等定期点検要領 (H26.6)

定期点検要領の改訂について

定期点検(法定点検)の質を確保しつつ、実施内容を合理化

① 損傷や構造特性に応じた点検対象の絞り込み

○ 損傷や構造特性に応じた定期点検の着目箇所を特定化することで点検を合理化
※積算資料への反映



▲溝橋



▲水路ボックス



▲トンネル目地部



▲橋脚水中部の断面欠損



▲PC鋼材の突出



▲シェッド主梁端部破断

○ 特徴的な損傷について、より適切に健全性の診断ができるよう、着目箇所や留意事項を充実

② 新技術の活用による点検方法の効率化

○ 近接目視を補完・代替・充実する技術の活用

※新技術利用のガイドラインや性能カタログの作成



▲橋梁の損傷写真を撮影する技術



▲トンネルの変状写真を撮影する技術



▲コンクリートのうき・はく離を非破壊で検査する技術

関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

○ 関東地方整備局における平成26～30年度の橋梁、トンネルの点検結果は、以下のとおり。

◆平成26～30年度定期点検結果

施設名	全施設数	点検実施施設数 ※1,※2	点検結果※3			
			I	II	III	IV
橋梁	3,336	3,283	1,473	1,364	436	0
トンネル	88	85	1	64	17	3

※1 平成31年3月31日時点の施設数。

※2 供用後5年以内の橋梁を除いている。

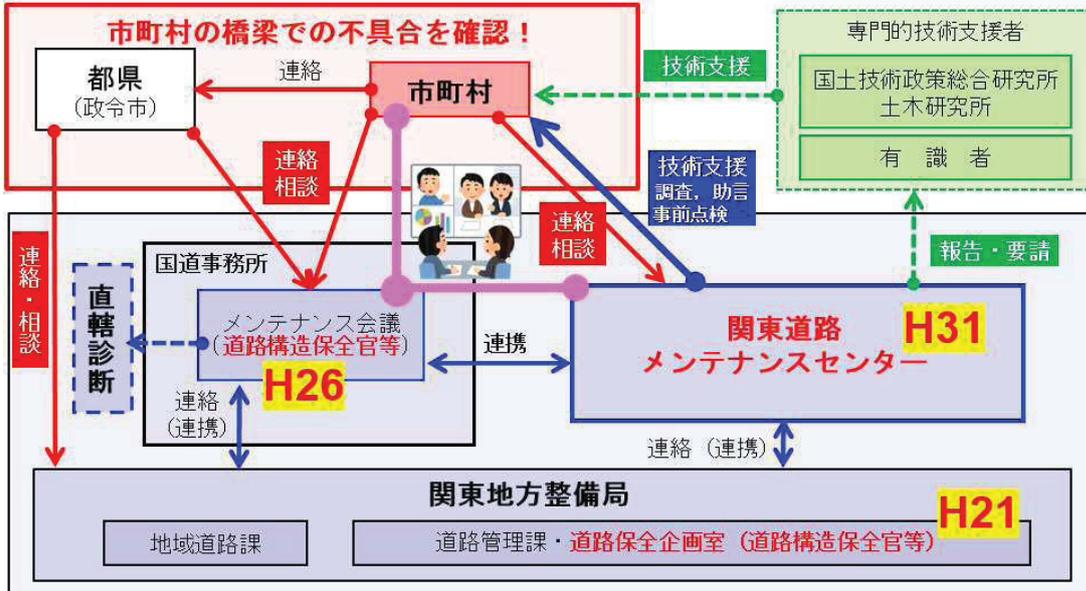
※3 今年度に診断を実施する跨線橋等もあり、点検実施施設数とは整合しない。

◆判定区分

区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 「道路橋の予防保全に向けた提言」のうち「技術拠点の整備」として平成21年度に道路管理課に道路保全企画室を設置し、道路構造物の保全の体制を強化した。
- 平成26年度には各国道事務所へ道路構造保全官を配置し、平成31年4月には関東道路メンテナンスセンターを設置してメンテナンスサイクルの効率的・効果的に推進するとともに地方自治体への技術支援も強化している。



30

■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 道路管理者としての責任の明確化と主観的な判断（思い込み）の排除を目的に、平成26年度より国道事務所にて橋梁診断判定会議を実施している。

【目的】 定期点検の結果の妥当性を確認して、橋梁の健全性を決定する。

【構成】 整備局：道路保全企画官 ※道路構造保全官

国道事務所：事務所長 ※副所長

技術事務所：事務所長 ※総括構造物維持管理官 ※代理の場合

事務局：各国道事務所，技術事務所

コンサルタント：点検担当コンサルタント、診断担当コンサルタント



31

■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 道路構造物管理実務者研修を開催、地方公共団体職員の受講を受け入れている。
- 平成30年度は、橋梁初級Ⅰ、橋梁初級Ⅱ、トンネルの研修、計5回実施し、地方公共団体からは201人の参加。



※橋梁初級Ⅰは、点検要領に基づいた点検が行える技術力の修得を目的とした研修
※橋梁初級Ⅱは、補修・補強の知識の習得も含めた研修



現地研修

日付：平成30年9月20日

場所：国道298号金町高架橋

参加者：地方公共団体の職員等

34

■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 点検技術向上のため、各都県道路メンテナンス会議主催の講習会を開催。
- 平成30年度は、関東地方整備局管内で41回実施、1537人の参加（国職員、学生等含む）。



栃木県道路メンテナンス会議
橋梁点検技術講習会

日付：平成30年10月5日

場所：犬伏橋（栃木県佐野市）

参加者：地方公共団体の職員等



群馬県道路メンテナンス会議
橋梁点検等講習会

日付：平成30年8月2日

場所：群馬県高崎市矢中町

参加者：地方公共団体の職員等

35

■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 地方公共団体の要請により、その地方公共団体が持つ技術力等に鑑みて支援が必要なものに限り、地方整備局、国土技術政策総合研究所、（国開）土木研究所の職員で構成する「道路メンテナンス技術集団」を派遣し、技術的な助言を行う。
- 関東地方整備局では、これまでに3橋の直轄診断を実施している。

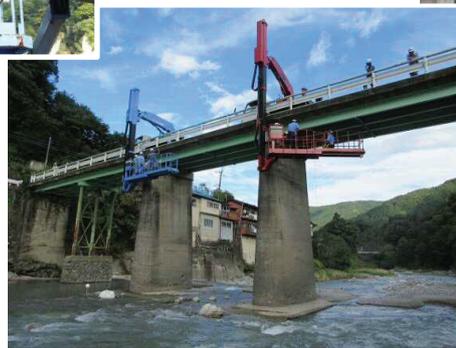


大前橋（群馬県）
平成26年度

御銚橋（群馬県）
平成29年度



秩父橋（埼玉県）
令和元年度



■ 関東地整のメンテナンスサイクルへの取り組み

- 関係機関の連携による検討体制を整え、課題の状況を継続的に把握・共有し、効果的な老朽化対策の推進を図ることを目的に、平成26年度に関東地方整備局管内の都県へ「道路メンテナンス会議」を設置。
- 点検結果、一括発注および定期点検の講習会等の取組み状況について議論。

体制

- ・ 地方整備局（国道事務所）
- ・ 地方公共団体（都県、市町村）
- ・ 高速道路会社（NEXCO、首都高速道路等）
- ・ 道路公社

役割

1. 研修・基準類の説明会等の調整
2. 点検・修繕において、優先順位等の考え方に該当する路線の選定・確認
3. 点検・措置状況の集約・評価・公表
4. 点検業務の発注支援（地域一括発注等）
5. 技術的な相談対応 等

地方公共団体の取組み事例の共有

- 道路メンテナンス会議を通じて、地方公共団体における老朽化対策の取組み事例を共有

<取組み事例>

- ・ 点検・診断の高度化・効率化、補修計画の適正化等のため、産学官の連携により、点検・診断・措置情報を効率的に記録することが出来るデータベースシステムの開発・導入
- ・ 技術力の向上、点検費用の削減のため、道路メンテナンス会議と市町村による合同点検（直営点検）の実施
- ・ 県による市町村への橋梁補修工法等に関する技術的助言を行う相談窓口の設置

関東道路メンテナンスセンター

38

- ① 関東道路メンテナンスセンターの概要
- ② メンテナンスの技術に係わる所掌
- ③ メンテナンスの技術に係わる研修
- ④ メンテナンスデータの一元管理
- ⑤ 学識者，有識者等との連携

39

関東地方整備局の組織

国土交通省



- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 1 利根川上流河川事務所 | 33 常陸河川国道事務所 |
| 2 利根川下流河川事務所 | 34 高崎河川国道事務所 |
| 3 霧ヶ浦河川事務所 | 35 甲府河川国道事務所 |
| 4 霧ヶ浦導水工事事務所 | 36 関東技術事務所 |
| 5 江戸川河川事務所 | 37 国営常陸海浜公園事務所 |
| 6 渡良瀬川河川事務所 | 38 国営昭和記念公園事務所 |
| 7 下館河川事務所 | 39 東京第一営繕事務所 |
| 8 荒川上流河川事務所 | 40 東京第二営繕事務所 |
| 9 荒川下流河川事務所 | 41 甲武営繕事務所 |
| 10 京浜河川事務所 | 42 宇都宮営繕事務所 |
| 11 利根川水系砂防事務所 | 43 横浜営繕事務所 |
| 12 日光砂防事務所 | 44 長野営繕事務所 |
| 13 富士川砂防事務所 | 45 鹿島港湾・空港整備事務所 |
| 14 ハッ場ダム工事事務所 | 46 千葉港湾事務所 |
| 15 利根川ダム統合管理事務所 | 47 京浜港湾事務所 |
| 16 鬼怒川ダム統合管理事務所 | 48 東京港湾事務所 |
| 17 相模川水系広域ダム管理事務所 | 49 東京空港整備事務所 |
| 18 二瀬ダム管理所 | 50 東京湾口航路事務所 |
| 19 品木ダム水質管理所 | 51 特定離島港湾事務所 |
| 20 東京国道事務所 | 52 横浜港湾空港技術調査事務所 |
| 21 相模国道事務所 | |
| 22 首都国道事務所 | |
| 23 川崎国道事務所 | |
| 24 横浜国道事務所 | |
| 25 大宮国道事務所 | |
| 26 北首都国道事務所 | |
| 27 千葉国道事務所 | |
| 28 常総国道事務所 | |
| 29 宇都宮国道事務所 | |
| 30 長野国道事務所 | |
| 31 東京外かく環状国道事務所 | |
| 32 関東道路メンテナンスセンター (H31年度新設) | |

- 河川事業担当事務所
- 道路事業担当事務所
- 河川・道路事業担当事務所
- 技術事務所
- 公園事業担当事務所
- 営繕事業担当事務所
- 港湾・空港事業担当事務所

40

関東道路メンテナンスセンターの概要

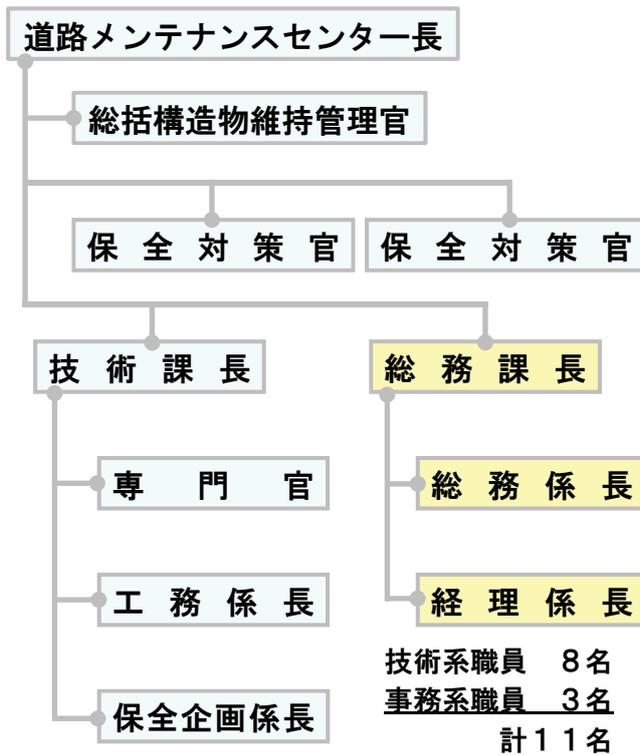
- 急速に老朽化する社会資本の対策を強化するため、**点検データ等を活かした、より戦略的・効率的なメンテナンスを推進**するための組織として、「道路メンテナンスセンター」を設置。 ※平成31年度は関東地整、中部地整へ設置。
- 直轄国道における**橋梁等の健全性の診断**等を担当するほか、蓄積された**メンテナンスデータの管理・分析**による劣化予測や修繕計画の最適化、新技術の活用などアセットマネジメントによる道路メンテナンスの高度化を推進。
- また、道路メンテナンスに係る地方公共団体支援として、施設の健全性の診断・修繕の代行、高度な技術を要する**道路構造物保全に関する相談への対応**、**地方公共団体の職員等を対象とした研修**についても担当。

- ・直轄管理国道における橋梁等の健全性の診断等
- ・劣化予測や修繕計画の最適化などアセットマネジメントの検討・導入（メンテナンスデータの管理・分析等）
- ・修繕工事の技術的支援（事務所への助言）
- ・橋梁メンテナンスに関する技術研究開発
- ・地方公共団体管理施設の直轄診断、修繕代行
- ・地方公共団体の道路構造物保全に関する相談窓口
- ・地方公共団体職員等を対象とした研修・講習会



■ 関東道路メンテナンスセンターの概要

○ 関東道路メンテナンスセンターは職員11名にて業務を遂行。



〒330-9724
 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1
 さいたま新都心合同庁舎2号館7F
 TEL 048-600-1417 / FAX 048-600-1418
 ・ホームページ
http://www.ktr.mlit.go.jp/rd_mainte/
 また、以下のサービスを準備中です。
 ・Facebook ・Twitter

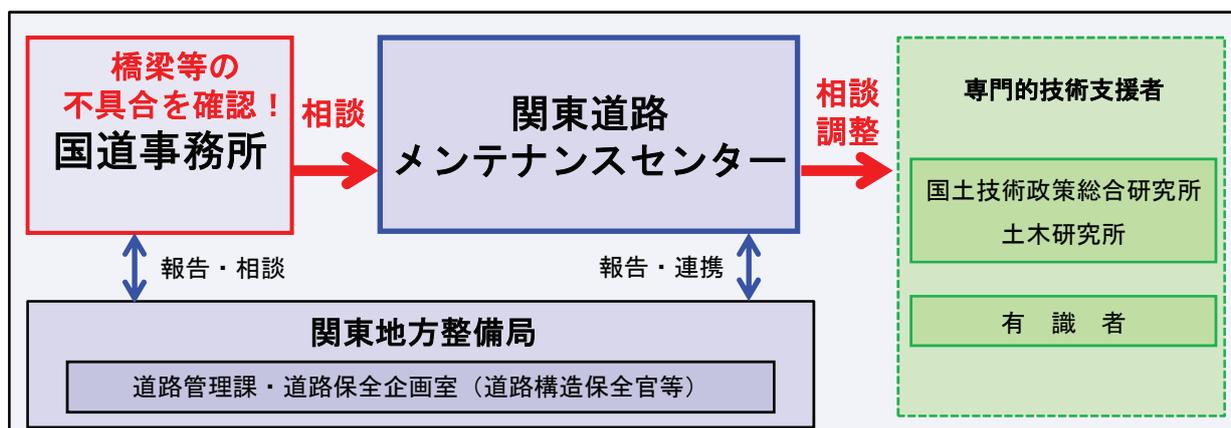
42

■ メンテナンスの技術に係わる所掌【直轄国道】

○ 国道事務所が管理する橋梁等のメンテナンスの技術に係わる相談を担当。

メンテナンスの技術に係わる技術相談の例

- ① 点検に係わる技術相談 ② 損傷に係わる技術相談
- ③ 状態に係わる技術相談



43

■メンテナンズの技術に係わる所掌【直轄国道】

○国道事務所が管理する橋梁等のメンテナンズの技術に係わる相談を担当。
令和元年8月時点にて現在4件の技術相談が寄せられている。

No	国道事務所	主な技術相談の内容
1	東京国道	歩道橋のゲルバー部の腐食に係わる技術相談
2	北首都国道	斜張橋の点検手法に係わる技術相談
3	長野国道	トラス橋の格点部の劣化状況に係わる技術相談
4	高崎河川国道	鋼アーチ橋の縦桁の腐食とき裂に係わる技術相談

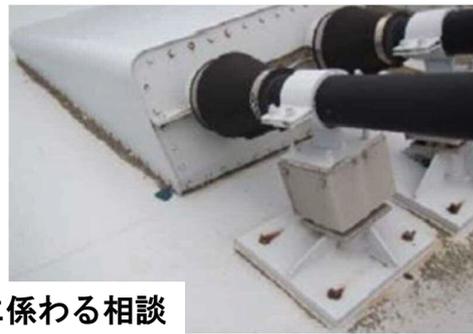
44

■メンテナンズの技術に係わる所掌【直轄国道】

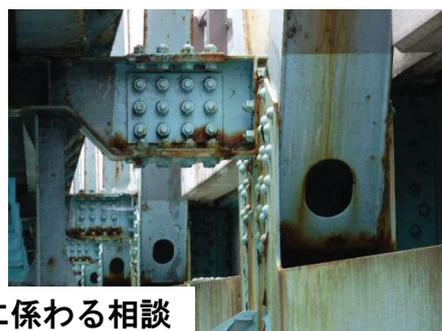
○直轄国道の技術相談された橋梁の例



斜張橋の点検に係わる相談



鋼トラスの状態に係わる相談



45

■メンテナンスの技術に係わる所掌【直轄国道】

○国道事務所と連携した技術の品質を確保する体制の構築を目指す。

課題: 健全性の診断を効率化

メンテナンスサイクル		整備局	事務所			関東技術
			所長・副所長	管理第二課	出張所	
点検・診断 (1年目)	点検 診断	●●●	●●	●●●	●●	●●●
予算要求 (2年目)	措置		●	●●		
補修設計 (3年目)				●●		
予算要求 (4年目)	措置 記録			●●		
補修工事 (5年目)			●	●●	●●	
点検・診断 (6年目)	点検 診断	●●●	●●	●●●	●●	●●●

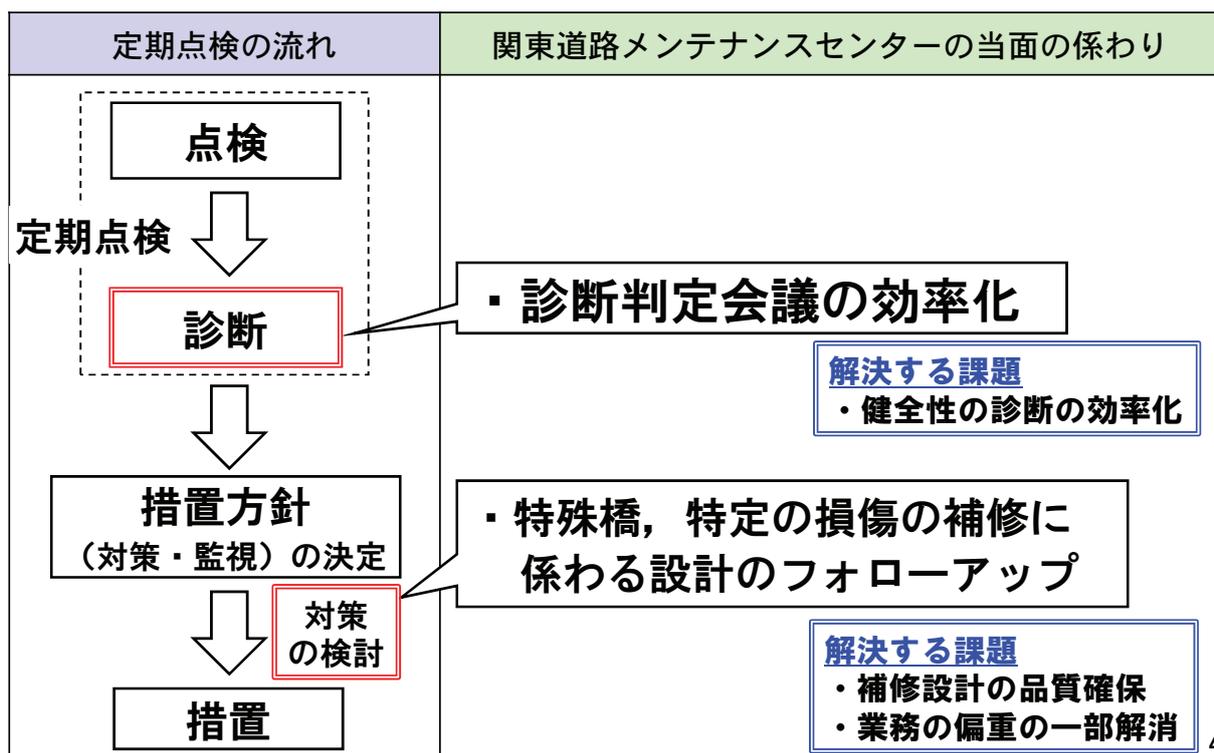
課題: 設計の品質確保
業務の偏重

判断者 (幹部等)
 事務所実務者 (係長等)
 出張所実務者 (係長等)
 局・関技実務者 (係長等)

46

■メンテナンスの技術に係わる所掌【直轄国道】

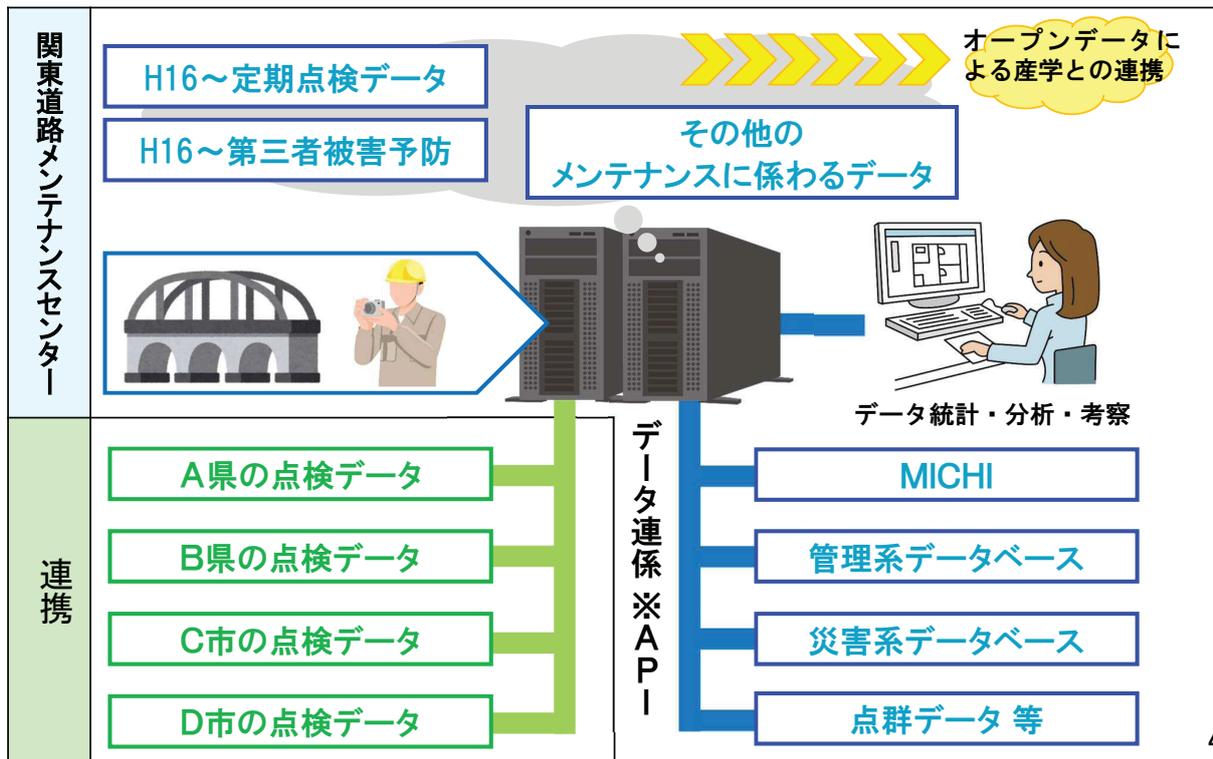
○国道事務所と連携した技術の品質確保



47

メンテナンスデータの一元管理【構想】

○蓄積したメンテナンスデータの一元的な管理と各システム及びデータとの連携。

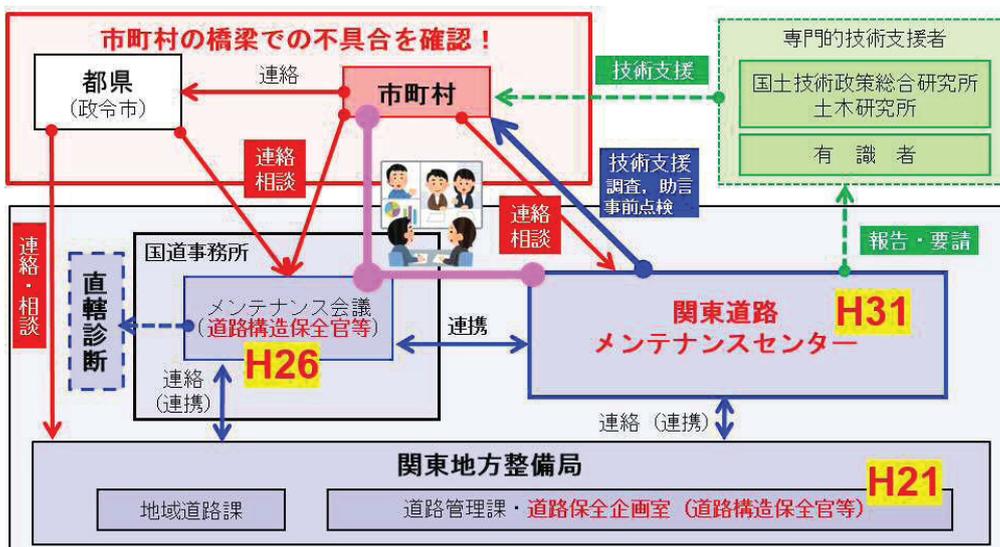


メンテナンスの技術に係わる所掌【市区町村】

○地方公共団体（主に市区町村）への技術支援

メンテナンスの技術に係わる技術相談の例

- ①状態の評価に係わる技術相談
- ②損傷に係わる技術相談
- ③その他の技術相談



■メンテナンズの技術に係わる所掌【市区町村】

○地方公共団体（主に市区町村）が管理する橋梁等のメンテナンズの技術に係わる相談を担当。R1. 8時点にて現在7件の技術相談が寄せられた。

No	管理者	相談の内容
1	群馬県内の自治体	上路式RCアーチ橋の補修
2	群馬県内の自治体	点検、診断結果及び補修
3	東京都内の自治体	RC単純床版橋他の補修
4	千葉県内の自治体	塗装の塗り替えへの新技術の適用
5	茨城県内の自治体	支承の損傷状況に係わる
6	千葉県内の自治体	HTBの調達の国交省の対応 鋼単純H形鋼桁橋の補修
7	東京都内の自治体	線路に近接する橋梁防護柵の改良対応

50

■メンテナンズの技術に係わる所掌【市区町村】

○市区町村の技術相談された橋梁の例



状態の評価に係わる相談



損傷の状態に係わる相談



51

■メンテナンズの技術に係わる研修

○橋梁の点検等に係わる技術研修



橋梁初級（Ⅰ）研修



個別依頼（西多摩地域行政圏協議会）



52

■学識者、有識者との連携

○インフラメンテナンスに取り組まれている学識者、有識者の方々と積極的な交流を図る。学識者、有識者は問わずに定期的に意見交換から具体的な連携を目指す。



◆大学の立場から地方自治体への技術支援等に積極的に取り組まれている先生と意見交換

相手：東京大学 長井宏平 准教授

日時：令和元年6月10日

場所：関東道路メンテナンスセンター

今後は、積極的に学識者・有識者との交流を図るとともに、職員の学・協会への参画等も検討する。

については産官学を跨いで幅広く交流を図り、情報収集に留まらずに具体的な連携までを模索してまいりたい。

53

■メンテナンスのセカンドステージへ

○今後、加速度的に増加する老朽インフラに対応するにあたり、メンテナンスのセカンドステージとして、以下の取り組みを実施。

[背景]

- ・平成26～28年度に点検した約40万橋のうち、緊急または早期に補修が必要な橋梁が約11%（約4.2万橋）
- ・地方公共団体管理橋梁での通行止めや車両重量等通行規制が約2,600箇所増加中
- ・市町村は技術者の削減により土木技術者が不足

① 予防保全を前提としたメンテナンスの計画的な実施

- ・予防保全を前提に、最小のライフサイクルコストでサービス水準を確保
- ・点検・診断等のデータ蓄積や共有を進め、個別施設計画へ反映

② 新技術の導入等による長寿命化・コスト縮減

- ・技術基準類の検討・充実や、ICTモニタリング・非破壊検査等の新技術の現場導入を推進
- ・民間技術の開発・導入を促すための評価システム等の環境整備

③ 過積載撲滅に向けた取組の強化

④ 集約化・撤去による管理施設数の削減

⑤ 適切な予算等の確保

⑥ 地方への国による技術支援の充実

平成29年国総研講演会 資料より 56

第12回 CAESAR講演会
2019年8月29日

FUJITSU
shaping tomorrow with you

説明可能なAIによる 「信頼できる診断と予測」の実現

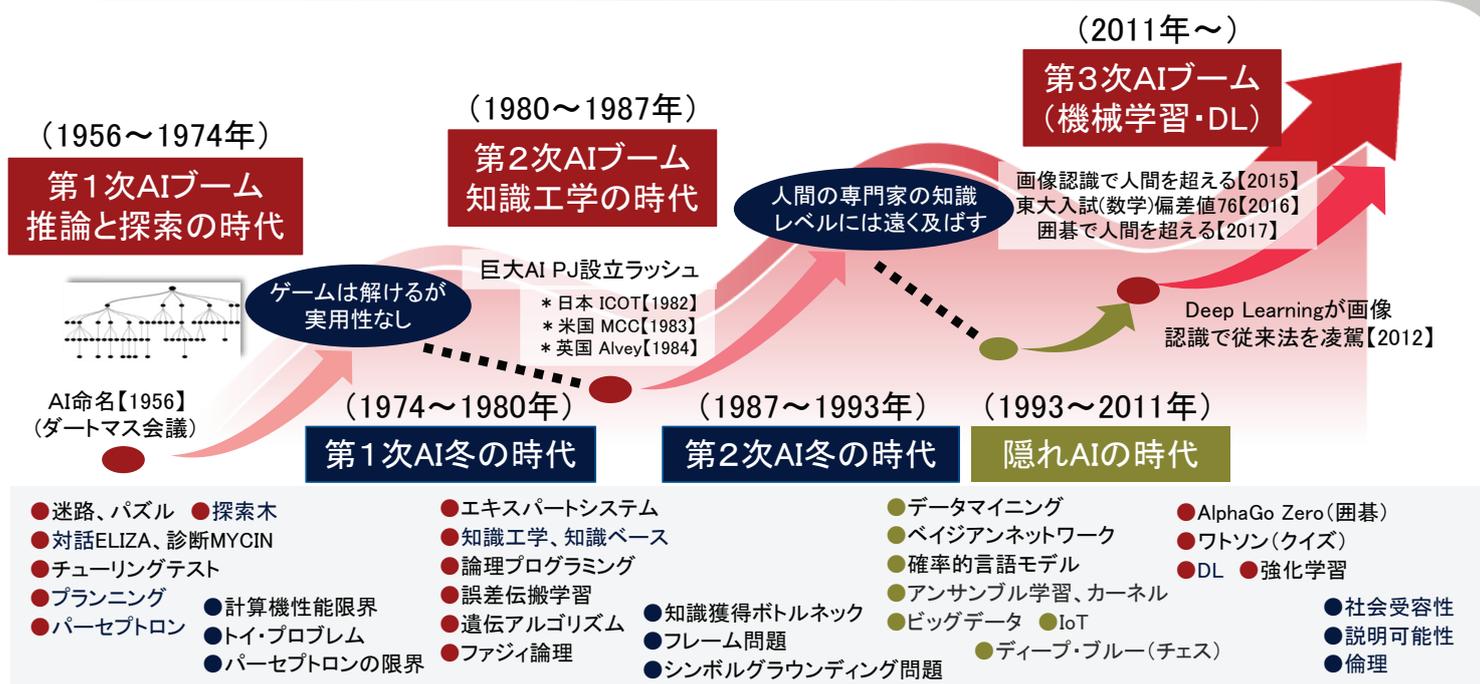
株式会社富士通研究所
デジタル革新コアユニット
プリンシパルエキスパート 渡部 勇

Copyright 2019 FUJITSU LABORATORIES LTD

FUJITSU

人工知能技術の動向

人工知能の歴史

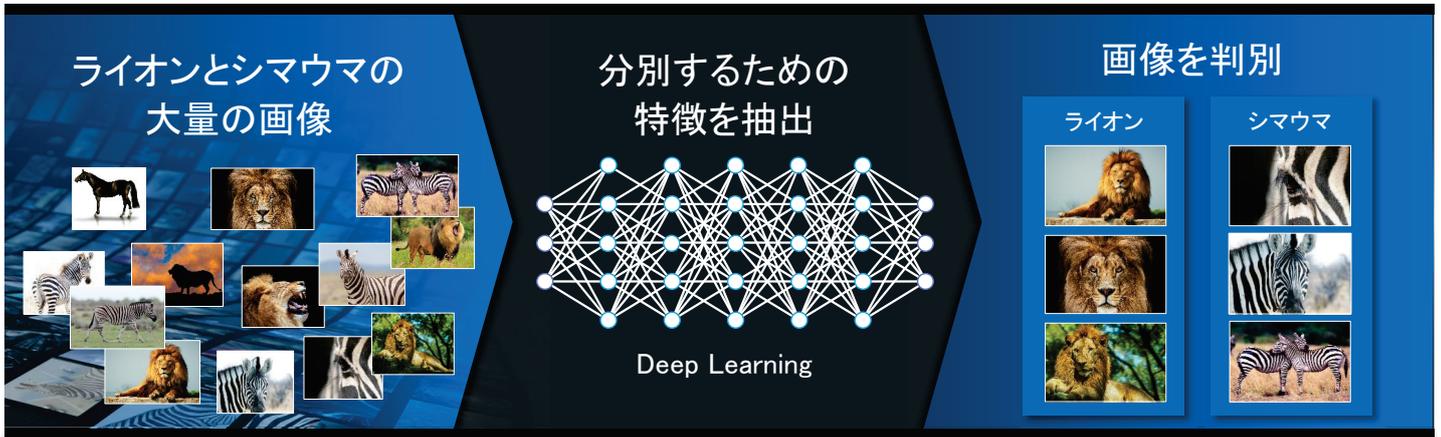


機械学習とは？

- 人工知能における機械学習 (Wikipediaでの定義)
 - 人工知能における研究課題の一つで、人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現しようとする技術・手法
 - 明示的にプログラムしなくても学習する能力をコンピュータに与える研究分野
- ↓
- 人工知能の文脈での定義は上記だが、何でもできそう(かつ抽象的)だが、データ分析における「機械学習」はもっと限定的で具体的
- 機械学習でできること(ざっくり言うと…)
 - 統計的なモデルのパラメータをデータから推定
 - ビールの売り上げ = CM量 × 係数1 + 気温 × 係数2 + 価格 × 係数3 + …
 - 上記の数式の係数をデータから計算
 - 統計的なモデルを用いて下記を実現
 - ビールの売り上げに何がどの程度効いているのか? → 説明的分析
 - 来週はビールがどれだけ売れるのか? → 予測的分析
 - 利益を最大化するには、CMと価格をどうすれば良いか? → 指示的分析
 - 出来ること = 判別(分類)と回帰(数値予測)
 - 方式: 教師あり(正解あり)、教師なし(正解なし)

Deep Learningとは？

- 大量のデータからコンピュータ自身が**特徴を抽出**し学習可能
(機械学習の一種)



写真を見て「犬」と分かるには？

- (例) 犬を認識する画像認識処理

- 古典的な機械学習

- 画像から犬を判別する「**特徴**」を人が教え込み、コンピュータが判断

① 4本足



② 鼻が尖っている



③ 毛で覆われている



犬には他にどのような特徴がある？
キツネとの違いがわかる特徴は？



犬特徴をすべて言葉にする
(数量化する)のは難しい

人が特徴量を教え込むことの限界

- 人が特徴量を考え出し、教え込むことは**すごく大変** → 特徴量工学
 - 漏れが生じやすく、**認識率が低くなってしまう**

① 4本足？



② 鼻がシュツ？



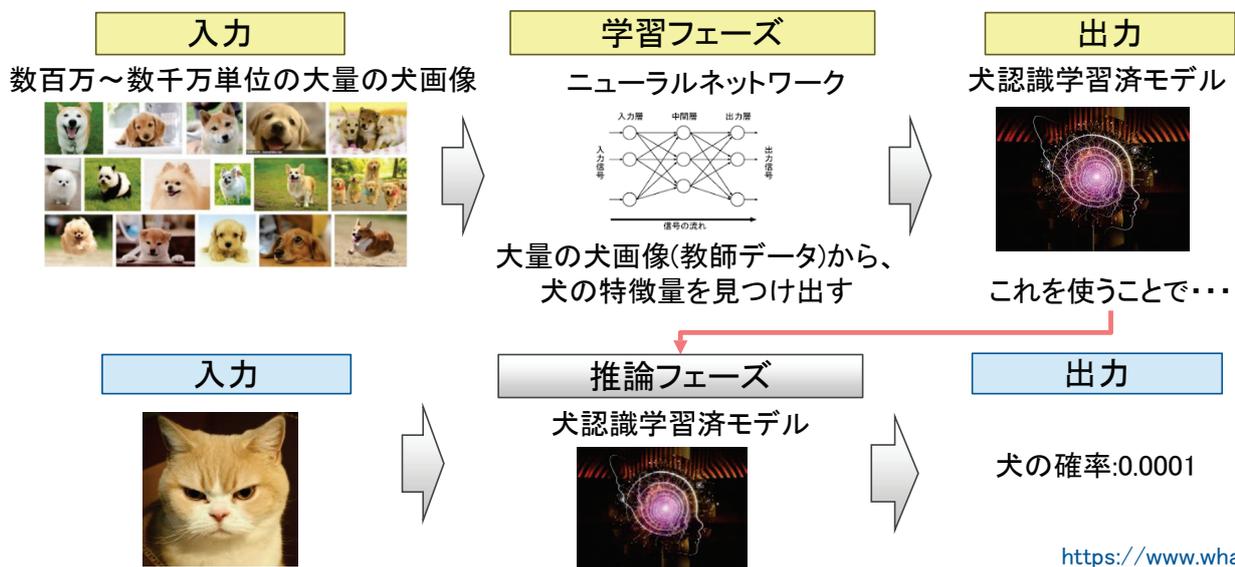
③ 毛で覆われている？



人がすべての犬種、動き、状態などを加味した特徴量を教えることは質・量とも難しい

Deep Learningの特徴＝特徴量を見つける

- 人が機械に教えなくても、大量画像から**特徴量を自動抽出**



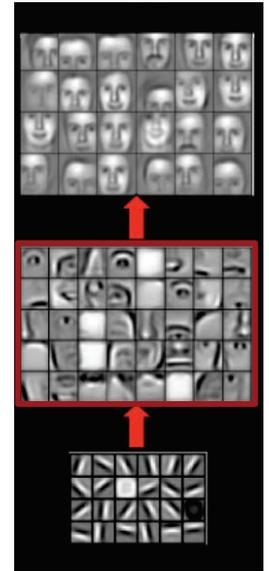
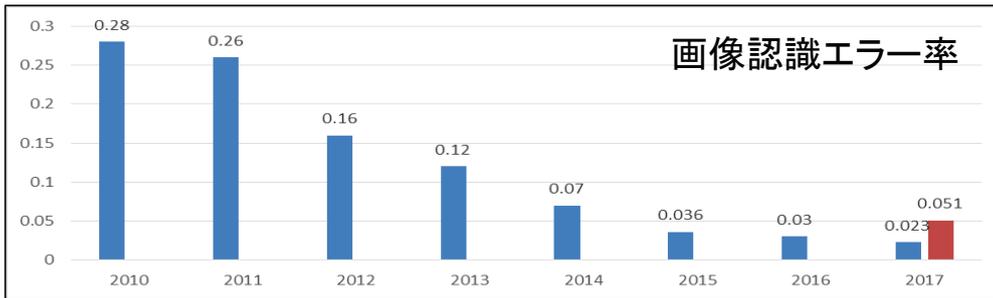
Deep Learningによる画像認識

■ ヒトの脳を模したNNの最新技術

- 特徴点を自動抽出し、様々なパターン認識のコンペティションで桁違いの精度。画像認識、音声認識、など

■ ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)

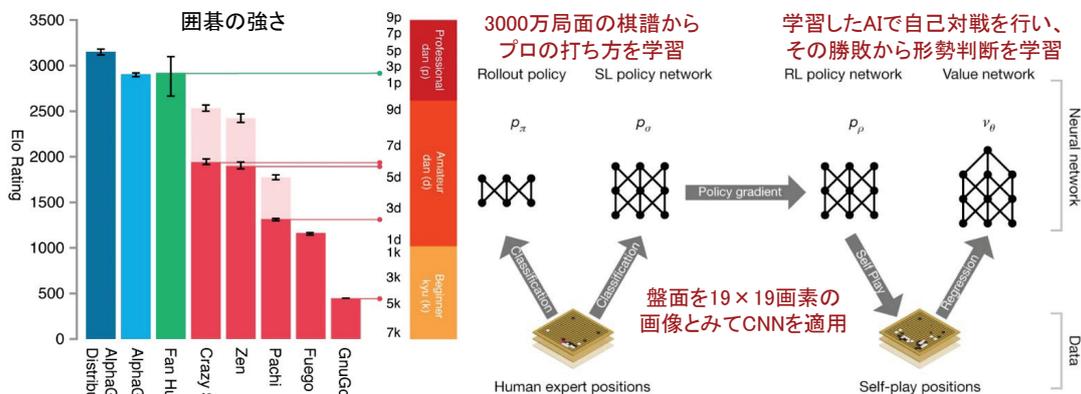
- 2012年、トロント大が Deep Learning を利用し、圧勝
- 以後、全チームがDLを利用し、2017年、2.3%のエラー率



顔を認識に必要な特徴を自動的に学習している

囲碁AI AlphaGo

■ 人手による設計が難しかった”形勢判断”をDeep Learningで実現



ヨーロッパ王者Fan Huiに5戦5勝
世界トップレベルのイ・セドル九段に4勝1敗

- ※対戦時には、
1. Rollout policy
 2. SL policy network
 3. Value network
- を併用して手を決定

Nature 529, 484-489 (28 January 2016)

説明可能なAI (XAI=explainable AI)

説明可能なAIの必要性

- Deep LearningはAIのブレイクスルー技術
しかし、ブラックボックスのため社会実装できる領域が極めて限定的

人間が



信頼できる



理解できる



管理できる



説明可能なAI

1

説明責任を果たせる

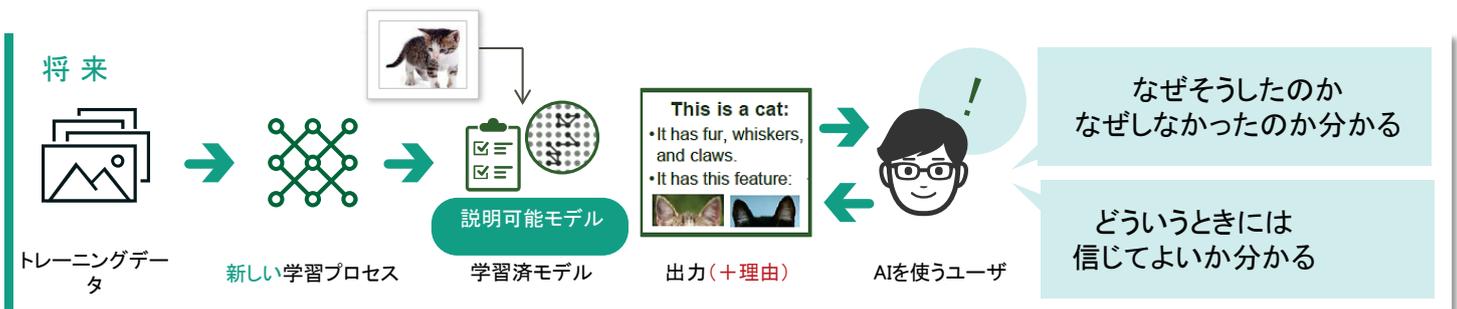
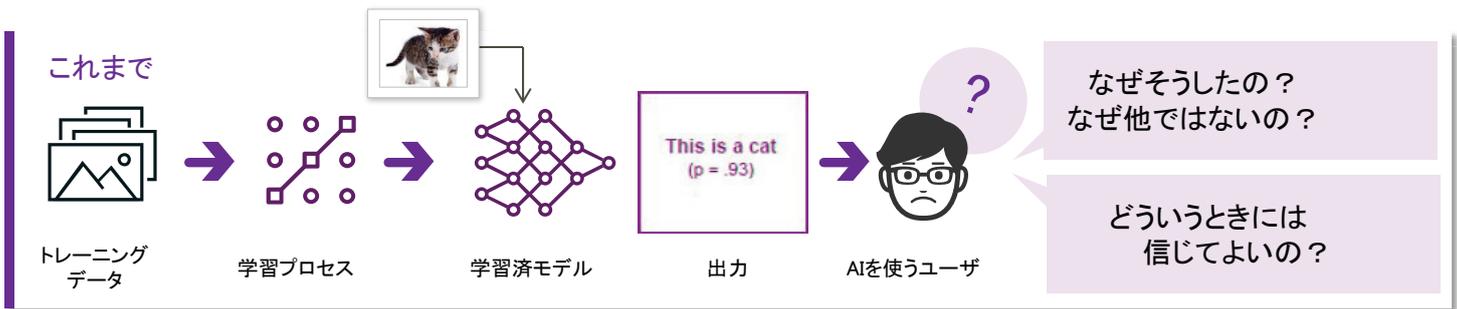
2

新しい発見ができる

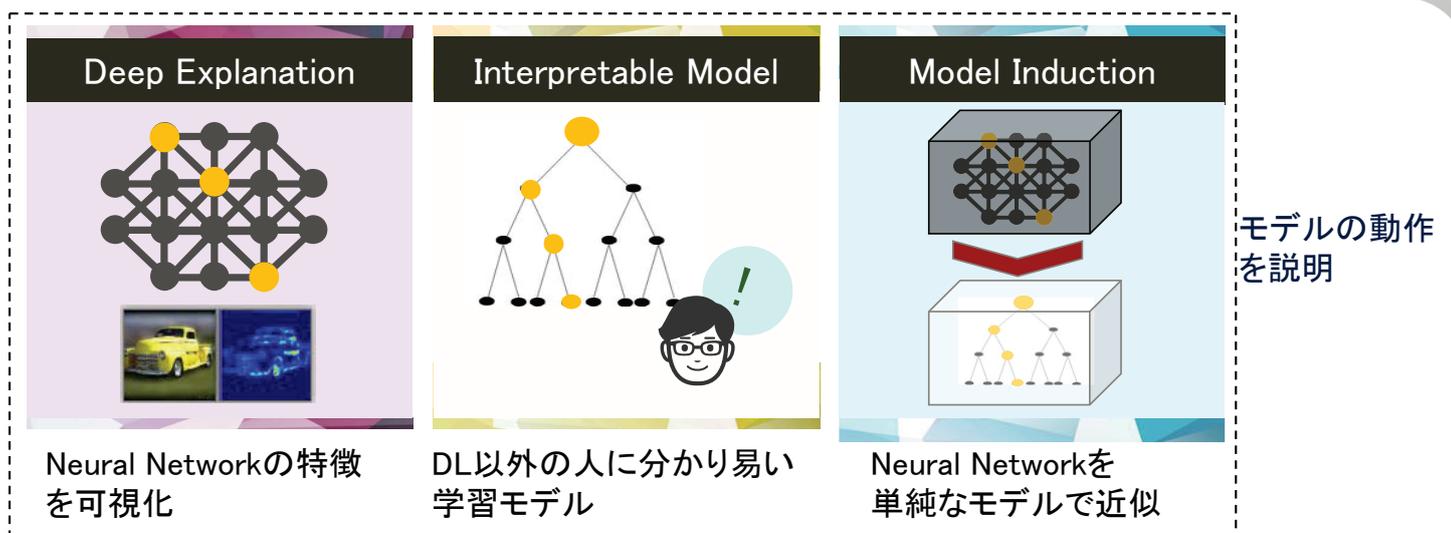
3

AIを改善できる

説明可能なAIの目的



XAIの全体像：DARPAの定義



Psychological Model of Explanation



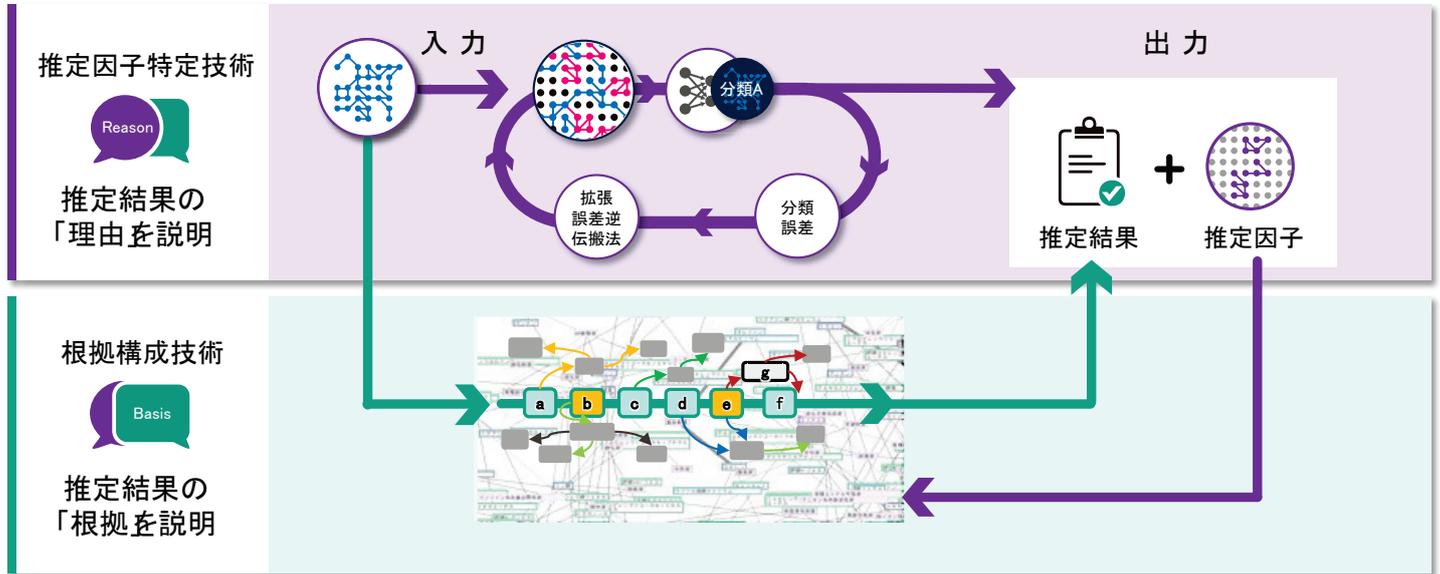
説明される人を考慮した説明

DARPAページより: <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>

富士通の提案する「説明可能なAI」



■ 2つの説明を行う全く新しいAI: 結果の「理由」と「根拠」を説明



14

Copyright 2019 FUJITSU LABORATORIES LTD

ゲノム医療 (Genomic Medicine)



富士通の「説明可能なAI」でゲノム医療における分析・診断・治療判断の時間を大幅に短縮



15

Copyright 2019 FUJITSU LABORATORIES LTD

健康経営

富士通社内部門

過去の出勤簿から3か月後の健康変化を予測し理由を説明。早期対応で休職者を削減する

2018下期より、予測機能を先行してサービス開始予定

技術

グラフ構造化

DeepTensor

予測 3か月以内の体調不良

専門家が適切な対策を立てられるように支援

効果

データの分析作業が1/10に

- 84%の予測精度を実現(既存手法:66%)
- 外した16%: 休職準備軍の可能性

早期に、発症時期と対策を伴う予測が可能に

- 専門家も見つけづらいケースを早期に発見
休職回避の確率・施策の有効性を高める

ダッシュボードによる可視化

投融资業務支援

取引履歴やメール・通話履歴へDeep Tensor®適用で決算書に表れない人や企業の実態を推定 信用度を決算書以外の情報から推定

課題

信用度判定の難しさ

- 決算書を取得しない融資先の**信用度評価**
- 決算書取得と実態との時間的ずれによる信用度の**誤評価**

効果

- 企業間関係や組織情報が記録されたナレッジグラフを用いて、人間に**解釈可能な言葉**で推定因子を説明
- 複雑なナレッジグラフに**隠れた事実**を推定因子を手がかりとして発見

推定

決算書取得が困難な中小企業の信用度を、決算書以外の情報から推定できます

評価

決算書提出前に企業の信用度を評価できます

説明

「説明可能なAI」によって、推定評価した理由を提示できます

予知保全のためのAI技術と適用事例

予知保全の実現

異常検知・故障予測に基づき、予防保全のコストを最小化

- 【背景】突発的な故障・障害による影響(事故など)を回避するために、事後保全から、**故障発生前の予防保全・予知保全**にシフト(機械の部品交換、道路・橋梁の保全、…)
- 【課題】定期保全(時間基準=Time Based Maintenance)を行うと、**無駄(まだ使える部品の交換)が発生** → トレードオフ
リスク低減(壊れる前に交換) ⇔ コスト削減(できるだけ交換しない)
- 【解決】使用状況のデータから**個々の部品の寿命を予測**して、**状態基準保全**(Condition Based Maintenance)を実現
- 【効果】交換前に故障が発生する**リスクを低減しつつ、保全のコストを最小化**することが可能 → トータルコストの低減

【方法】

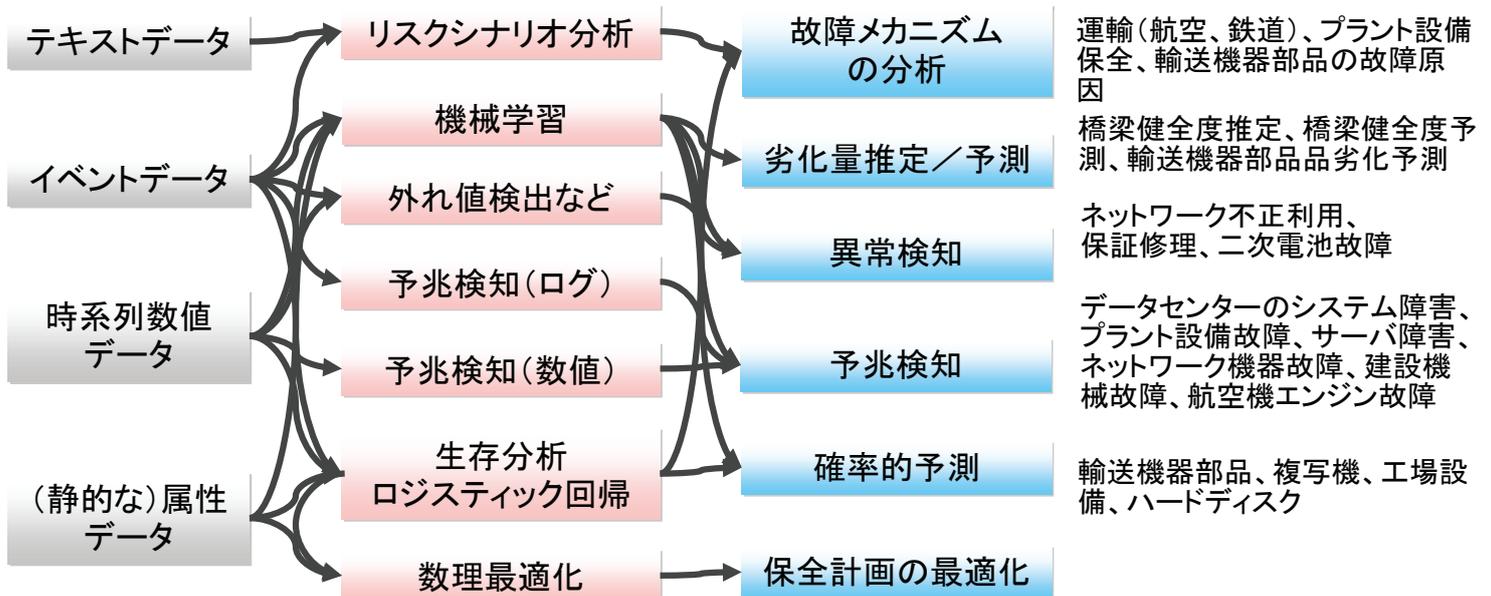


予知保全のトレンド

【出展】次世代メンテナンスのあり方 (Roland Berger 2017)

	第一世代 1940 1950	第二世代 1960 1970	第三世代 1980 1990 2000~		
目的	壊れたものの修理	アベイラビリティ向上 より低コストで設備寿命延長	アベイラビリティ・信頼性・安全性・機器性能向上 ライフサイクルコスト(LCC) 効率の追求 設備寿命延長		
保全方式 (考え方)	Reactive Maintenance 事後保全(≒SDM) > 故障後に保全	Preventative Maintenance 予防保全 > 故障の発生前に保全	Predictive Maintenance 予知保全 > 予兆を掴んで故障発生を予知し、最適な時期に保全	Proactive Maintenance 積極保全・改良保全 > 故障の根本原因を監視・発見し、事前に除去	Reliability-centered Maintenance (RCM) 信頼性中心保全 > 要求信頼性ごとに保全手法を組み合わせ、LCCを最適化
方法・手段	手作業・人力	Time-based Maintenance 時間基準保全 (TBM) > 故障の有無に関係ない定期検査・修繕 > (経験・カンに基づく診断によるCBMも含む)	Condition-based Maintenance 状態基準保全 (CBM) > センサネットワーク・状態監視システムとデータ分析に基づく故障予兆診断 > 故障モードと影響の解析・リスク管理分析・アセットマネジメント > 高度ITシステムによるビッグデータ処理 など		

予知保全のための技術



異常・故障の原因分析

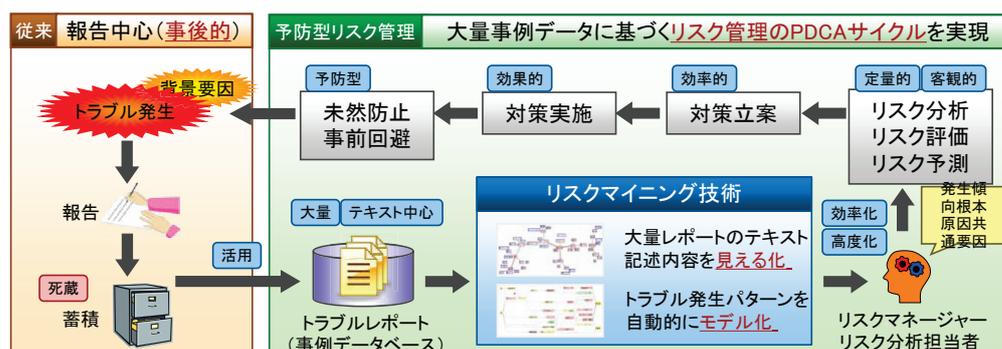
予防型リスク管理の実現

品質・安全性のトラブル → 業界・業種を問わず頻発

- 事業継続や企業経営に多大な影響（航空、鉄道、電力、製造、食品…）
- 過去事例から予見・予防可能（現場では、類似のヒヤリハットが発生）

リスクマイニング技術で実現する予防型リスク管理

- 大量のトラブルレポート（過去事例）を解析し、傾向・要因を分析
- 効果的な対策立案、重大トラブルの未然防止・事前回避を支援



トラブルレポートの例(交通事故)

定型項目

非定型項目(テキスト記述)

定型項目							詳細内容	
天候	曜日	時間帯	事故パターン	事故原因	事故原因	負傷状況	事故程度	
曇り	月	午前	自転車+徒歩	歩行者への配慮不足	-	肩を脱臼	軽傷	月曜日の早朝、私はアルバイトに行くために曇りの中を歩いていた。途中前方から横一列に並んで歩いてくる集団に遭遇した。向かって右端の一人が自転車を運転していたが、その手には傘を前方に突き出す形で握っていた。私はできるだけ道の端を歩いたが、自転車の傘が肩に当たり、横転した。この事故で私は肩を脱臼した。
曇り	火	午前	自転車+徒歩	よそ見運転	歩行者への配慮不足	手首を捻挫	軽傷	火曜日の早朝、友人と徹夜でカラオケをした帰り、曇りの中私だけ自転車で走行していた。歩道側の手で、前方に傘を突き出す形で持ち、走行していたところ、前方から歩行者が来た。あちらが避けるだろうと、そのまま友人と話をしながら走行していたところ、傘が歩行者の肩に接触し、横転した。この事故により、私は手首を捻挫した。
雨	水	午前	徒歩+徒歩	注意	視界不良	軽い擦り傷	軽傷	水曜日の早朝、私は仕事に行くついでにゴミを出そうと、徒歩でゴミ捨て場に向かっていた。雨が降っていたため片手で傘をさし、もう一手で重いゴミを持っていた。途中、風が向かい風になり、傘を斜め前に突き出して歩行したため、前方から歩行者と衝突し、転倒した。結果、

定型項目だけでは背景要因が分からない！
↓
有効な対策には結びつかない

重要な情報はテキスト記述の中に含まれている
↓
単純に集計することができない

テキストマイニング技術の適用

トラブルレポート(タイタニック号沈没事故)

【経過】不沈の船として世界中から注目を浴びながら、1912年4月10日にタイタニック号は処女航海に出発した。予定より一ヶ月遅れで、出発時間も一時間遅れていた。2度氷山の警告を受けたが、深刻に受け止めなかった。減速もせず航海を続行。14日の11:40、氷山を450m手前で発見。減速しながら舵を切ったが船腹をなでるように氷山をかすめた。その際には衝突に気付かなかった乗客もいた。その後多数区画の損傷により大量の浸水。0:14に初めて救難無線を発す。56海里離れたカルパチア号が受信し、救助に向かった。0:44信号灯を打ち上げたが、近くにあったカリフォルニア号は救難信号とは受け取らず、救助にも向かわなかった。そして2:20沈没。カルパチア号は4:10頃到着。

【原因】氷山に衝突したことがこの事故の直接な原因であるが、氷山の衝突にいたった原因としては、2度にもわたる警告を無視したこと、出航が一ヶ月遅れたために流氷が...

リスクシナリオ分析

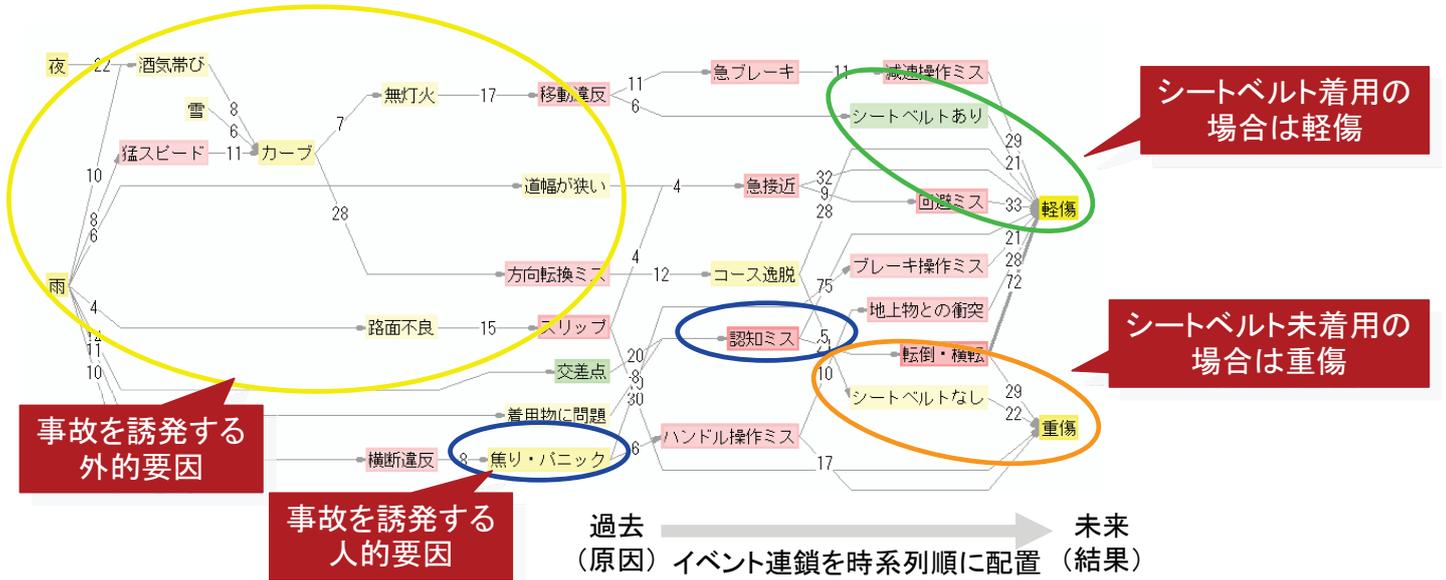
- ステップ1: 文種別の判定
- ↓
- ステップ2: 格フレームの抽出
- ↓
- ステップ3: イベント抽出
- ↓
- ステップ4: 順序関係の抽出

イベント連鎖

- 航海に出発
- ↓
- 遅れが発生
- ↓
- 警告を受信
- ↓
- 警告を軽視
- ↓
- 航海を続行
- ↓
- 氷山を発見
- ↓
- 減速操作
- ↓
- 方向転換操作
- ↓
- 衝突
- ↓

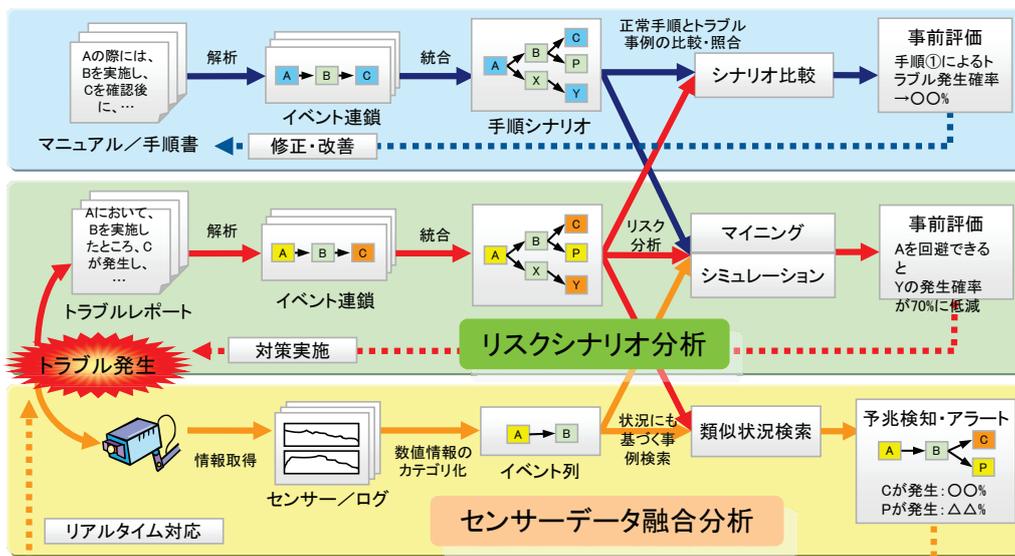
リスクシナリオの例

交通事故レポート(500件)のイベント連鎖モデル



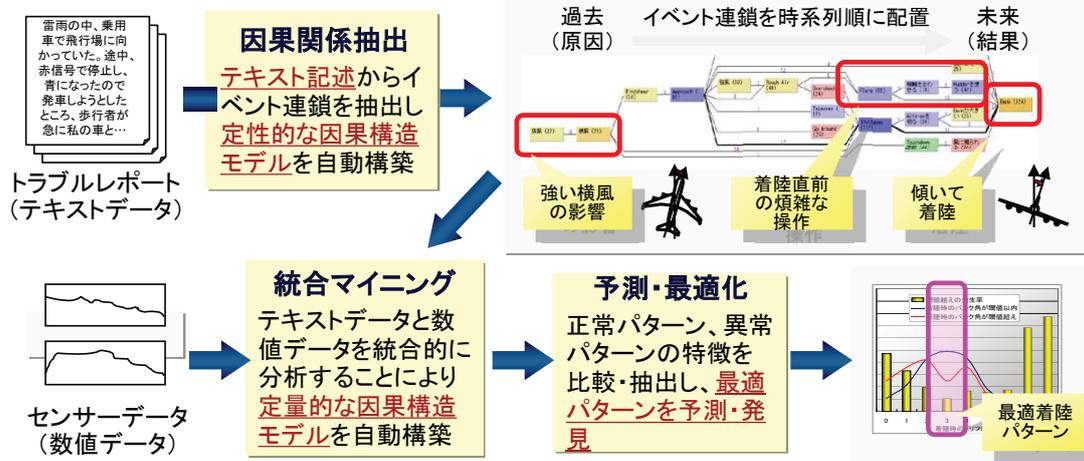
統合マイニング

■ センサー・ログデータやマニュアル・手順書を取り込み統合マイニング技術に発展



センサーデータ活用

- テキスト+数値データから**定量的な因果モデル**を自動構築
→ 経産省「情報大航海プロジェクト」にて、JALと実証実験を実施



統合分析(テキスト+センサー)により強い横風での最適着陸パターンを発見

劣化量推定／予測

劣化量推定／予測

■ 背景と課題

- 点検データやモニタリングデータの活用が不十分
- 推定／予測が属人化

■ 目的

- ベテラン技術者の健全度判断を再現し**高精度な点検・診断を実現**
- 点検データや計測データから直接計測できない**劣化量を推定・予測**
- 今後の劣化の進行度を予測し、**点検頻度を最適化し維持管理コストを低減**

■ 手法

- 【手法1】機械学習により**健全度／劣化量を推定**するモデルを学習
- 【手法2】機械学習により**未来の健全度／劣化量を予測**するモデルを学習

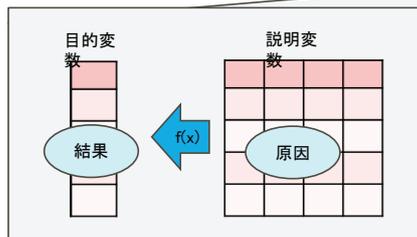
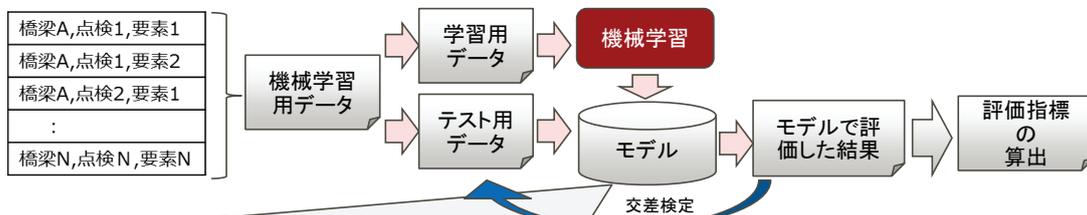
■ 主な事例

- 【手法1】橋梁の健全度評価、鉄道軌道の異常検知
- 【手法2】橋梁の健全度予測、鉄道軌道の異常検知、エンジン部品の摩耗予測

劣化量推定：橋梁の健全度の推定

■ 点検結果データを用いて健全度を推定

■ ベテラン技術者の暗黙知が再現できるかを検証



【機械学習】
データから反復的に学習し、そこに潜むパターンを発見
学習した結果を新たなデータにあてはめることで、予測・推定

【説明変数】
学習するパターンの条件(原因)となるデータ項目(損傷種別/状態/拡がり/損傷パターン、材質番号)

【目的変数】
予測対象(結果)となるデータ項目(健全度)

【交差検定】
データを学習用とテスト用に分け、それぞれ入れ替えながら評価

劣化量推定：橋梁の健全度の推定

- 人間が判断した健全度を高精度で再現



点検データから人間と同等レベルの健全度判断が可能

- 学習されたモデルから、人間が行っている判断ロジックを把握することが可能

機械学習において
重要視された
点検項目を可視化

変数名	主桁			
	コンクリート	鋼	鋼	鋼
材質種類番号	268.593	19		
6-1ひび割れ(RC) 状態大	65.046			
6-2ひび割れ(PC) 拡がり大	53.523			
7-1はく離・鉄筋露出(塩害・中性化) 拡がり小	114.650	0.000		
7-1はく離・鉄筋露出(塩害・中性化) 状態大	72.827	0.000		
7-1はく離・鉄筋露出(塩害・中性化) 状態中	64.098	0.000		
7-2はく離・鉄筋露出(凍害) 状態中	63.239	0.000		
8-1ひび割れからの滲出(水・遊離石灰・錆汁) 拡がり大	96.145	0.000		
8-1ひび割れからの滲出(水・遊離石灰・錆汁) 状態大	85.852	0.000		
9-1コンクリート補強材の損傷(鋼板) 拡がり小	0.000	506.011		
9-1コンクリート補強材の損傷(鋼板) 拡がり大	77.830	0.000		
9-1コンクリート補強材の損傷(鋼板) 拡がり大	0.000	1288.489		
9-1コンクリート補強材の損傷(鋼板) 拡がり中	0.000	707.554	0.000	0.000
9-1コンクリート補強材の損傷(鋼板) 状態小	0.000	3745.846	0.000	0.000
10-支保の機能障害 拡がり(-1)		279.839	75.722	
10-支保の機能障害 状態小		277.447	76.416	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 拡がり小		3.041	134.205	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 拡がり大		0.674	205.353	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 拡がり中		0.265	26.367	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 状態小		1.823	263.601	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 状態大		0.000	276.909	
19変色・劣化(ゴム・プラスチック) 状態中		5.670	106.745	
損傷種類番号(0) 状態(-1)	5.146	20.938	25.147	131.047
損傷種類番号(0) 拡がり(-1)	5.254	21.960	25.207	132.144

【主桁(鋼)・1刻み】

	予測値					総計
	1	2	3	4	5	
健全度 1	8	1	1			10
健全度 2		17	82			99
健全度 3		2	2180	275	26	2483
健全度 4			300	15883	707	16890
健全度 5			32	1778	32061	33871
総計	8	20	2595	17936	32794	53353

【主桁(コンクリート)・1刻み】

	予測値					総計
	1	2	3	4	5	
健全度 1	21	7	2			30
健全度 2	2	84	16			102
健全度 3	1	3	554	99		657
健全度 4			4	53	57362	1 57420
健全度 5					728	22 750
総計	24	98	625	58189	23	58959

	主桁(コンクリート)		主桁(鋼)	
	平均誤差	平均絶対誤差	平均誤差	平均絶対誤差
健全度 1	0.418	0.418	0.518	0.518
健全度 2	0.292	0.346	0.809	0.814
健全度 3	0.129	0.200	0.237	0.251
健全度 4	0.009	0.013	0.089	0.131
健全度 5	-0.833	0.833	-0.064	0.064
総計	0.000	0.026	0.000	0.096

人間の健全度判断を高精度で再現

異常・故障の予兆検知

異常・故障の予兆検知

■ 背景と課題

- センサーデータやログデータなどにより、異常・故障の発生直前の状態を把握可能 → ただし、大量データの中から予兆を発見することが困難

■ 目的

- 統計的な手法により、大量のセンサーデータやログデータの中から、異常・故障の発生に結びつく予兆(=異常・故障の直前にのみ現れる特異的な事象)を発見・検知

■ 手法

- 【手法1】 イベントログデータ(計算機システムのログなど)から、故障や障害発生前の特徴的なメッセージパターン(=予兆)を抽出(学習)
- 【手法2】 時系列数値データ(センサーデータ、性能データなど)から、故障や障害発生前の特徴的な数値変化パターン(=予兆)を抽出

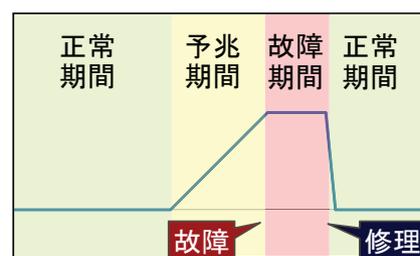
■ 主な事例

- 【手法1】 データセンターにおけるシステム障害検知
- 【手法2】 通信機器の障害予兆検知、電力プラントの障害予兆検知(電力企業)

障害予兆検知の課題：特徴量の算出

■ 障害予兆検知の仕組み

- 正常期間と予兆期間をデータを用いて判別
- 課題：元データから、正常期間と予兆期間の差がはっきりと表れる特徴量をどのように算出するか？



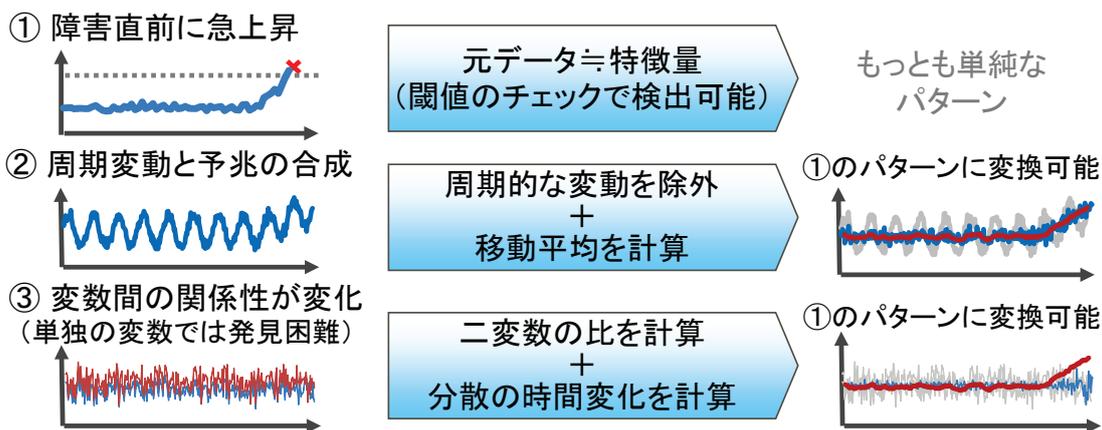
■ 開発技術のターゲット

元データの特性	利用可能な特徴量	
正常期間では定数で、予兆期間において増減するデータ系列が存在	データ系列そのものを利用	
正常期間の値が変化はするが予測可能な場合(周期変動など)	過去のデータからの予測値と実測値のズレを利用	
正常期間の値が変化して、かつ予測が不可能な場合	単一のデータだけでは予兆を捉えることが出来ない	

障害予兆検知の課題：特徴量の算出

■ 正常期間と予兆期間の差が明確になる特徴量の算出

- 元データを加工することで、予兆を捉えるための特徴量を計算
- 特徴量の良し悪しで予兆検出精度が大きく変わってくる
- 分析者の知識やスキルに左右される



36

Copyright 2019 FUJITSU LABORATORIES LTD

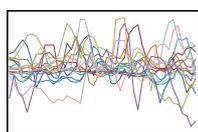
二段階学習による予兆検知

■ 予兆発見(モデル作成)

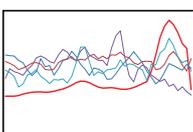
- 二段階学習により、高精度に予兆を検知
 - 一段階目: 正常時における多系列のデータ間の関係性を学習
→ 単独の時系列データでは見つけることができない予兆を検知
 - 二段階目: 関係性の乱れ(ズレ)を用いて予兆パターンを学習
→ 障害直前の特異的な動的変化を捉えて高精度に予兆を検知

■ 予兆検知(モデル適用)

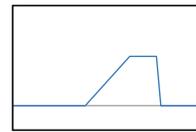
- 実運用時の数値データを予兆発見モデルに適用して、障害発生を事前検知



【一段階目】
正常パターンを学習



【二段階目】
予兆パターンを学習



多系列の時系列データから
系列間関係性を学習

関係性のズレを表すデータ
系列(予兆候補)を生成

障害の直前に特異的に
現れる予兆パターンを学習

37

Copyright 2019 FUJITSU LABORATORIES LTD

異常・故障の確率的予測

異常・故障の確率的予測

■ 背景と課題

- センサーデータやログデータなどにより、異常・故障の発生直前の状態を把握可能 → 直前の予測(=予兆検知)ではなく、中長期的な予測ができないか？

■ 目的

- **統計的な手法**により、大量のセンサーデータやログデータから、**異常・故障の発生リスクを確率的に予測するモデルを構築し、予防的な保全を実現**

予兆検知：直前の状態変化を用いて短期的な異常・故障発生を予測

故障予測：稼働情報や属性情報から中長期的な発生を確率的に予測

■ 手法

- イベントログデータや時系列数値データから、**生存分析やロジスティック回帰などの手法**を用いて、**故障や障害の発生リスクの時間変化に関する確率的なモデルを構築**

■ 主な事例

- 自動車部品の寿命予測＋故障分析、複合機の障害発生予測など

確率的予測の技術

■モデル作成時

- イベントデータ・数値データを加工して説明変数を作成
 - 異常・故障の発生リスクと期間をモデル化(=生存分析)

■モデル適用時

- イベントデータ・数値データを加工して説明変数を作成
 - モデル式に説明変数を入れて生存曲線を作成
 - 特定期間内に故障や障害が起きる確率が閾値(例えば50%)を超えるかどうかを判別



自動車部品の故障確率分析(全体統計)

■ 部品の故障確率(全体統計値)の算出

- 専門家知見の活用した分析結果と、当社独自の分析手法(機械学習、PLS回帰他)により算出した生存分析による交換時期を比較し、妥当性を確認

部品名	ターボ (B10)	スタータ (B1)	ACG(B1)		クラッチ (B50)
			温度管理車	非温度管理車	
FJ算出値(万km)	58~71	28~32	23~26	24~31	14~16
交換実値(万km)	60	32	20	28	4~30

- 使用状況によって部品寿命が個々に大きく異なるため、使用状況(運転特性)に合わせた「**車両個別部品管理**」が必要(可能)



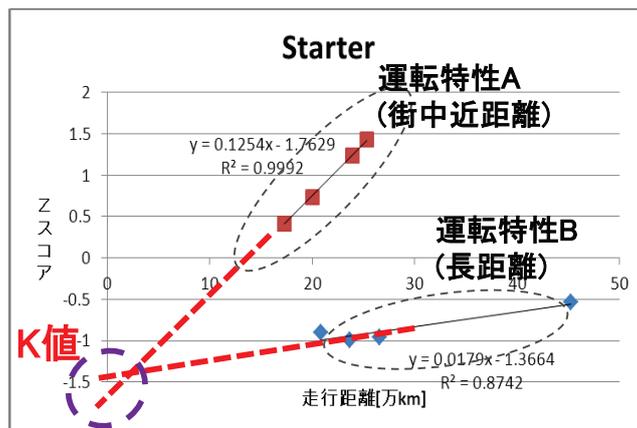
自動車部品の故障確率分析(運転特性の影響)

■ 分析における課題

- パラメータの数が多い
(車種1:3万項目、車種2:11万項目)
- パラメータが相互に関係がある
- 事例数(故障データ)が少ない
→ 対象分野の知識を活用した
パラメータ選択が重要

■ 運転特性の影響分析(想定効果)

- 個々の車両ごとの各部品の事前故障予測に有効
- 車両の初メンテの際にも活用が期待できる
- 他の部品や他車両への展開が可能
- 設計時の参考情報としての反映も期待できる



FUJITSU

shaping tomorrow with you

鋼橋の長寿命化に向けた 研究の取組



国立研究開発法人 土木研究所
構造物メンテナンス研究センター

じょうせん
上席研究員 上仙 靖



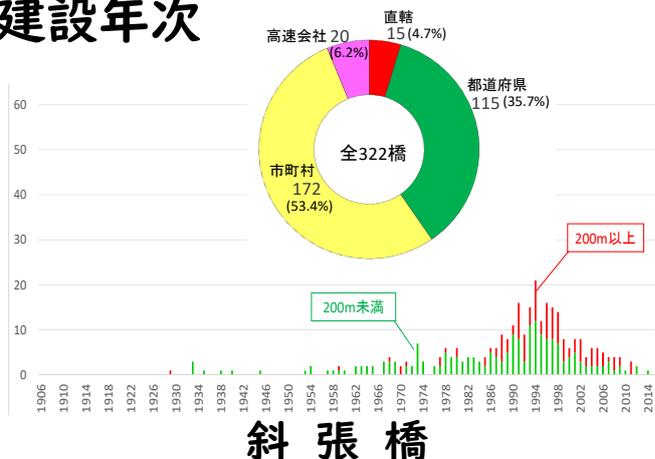
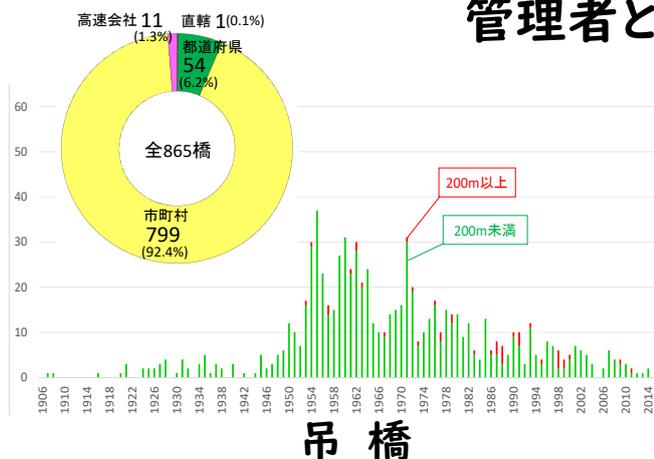
概要



- 吊構造形式橋梁に関する研究
 - 1) PE被覆ケーブルの内部環境評価
- 腐食した鋼部材の補修・補強法に関する研究
 - 2) FRPによる補強設計法
 - 3) ステンレスの適用性
- RC床版に関する研究
 - 4) 連続繊維補強されたRC床版の評価法
 - 5) 土砂化中間層の調査



管理者と建設年次



- 管理者 → 多くが地方公共団体
- 特に吊橋は、老朽化が進んでいる可能性



維持管理の実態

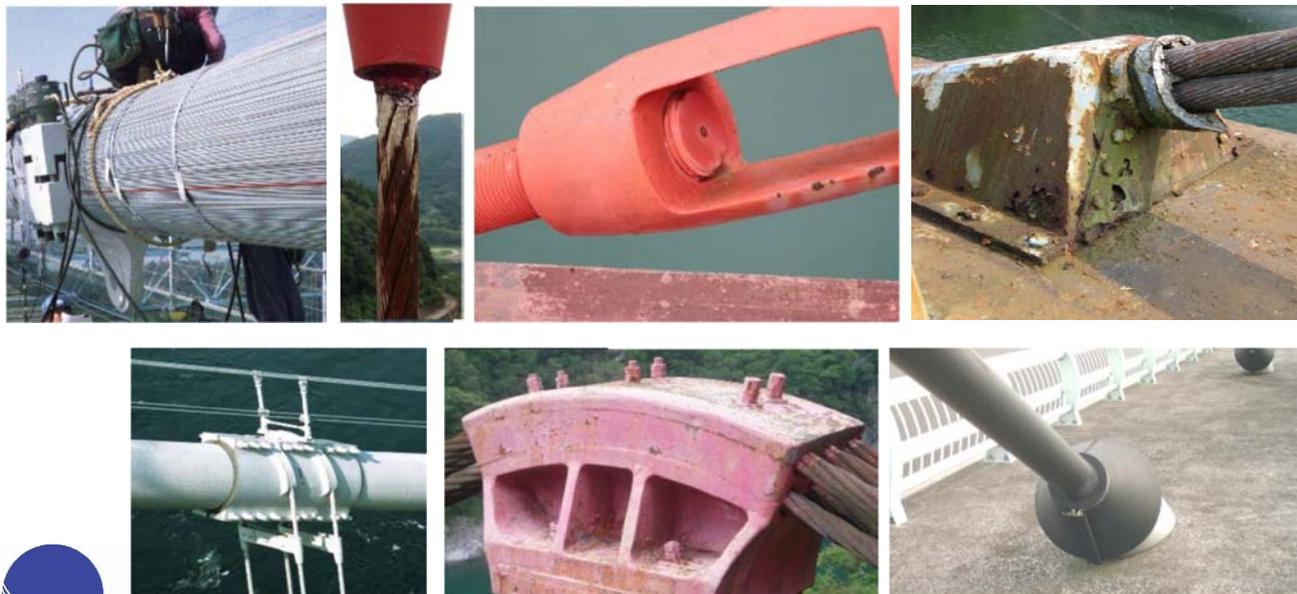


- 小規模吊橋では健全度Ⅳの橋も存在
(主ケーブルの断線などによる通行止めも)
- 主ケーブルの腐食により健全度Ⅲの橋も多数



吊構造形式橋梁

- 重要部位における点検困難箇所が存在
- 他形式にはない特有の構造



5

吊構造形式橋梁に関する研究

- 点検困難部位 → 非破壊検査による可視化、
観測からの予測法 等
- 特殊構造 → 損傷事例集、外観と内部状況 等

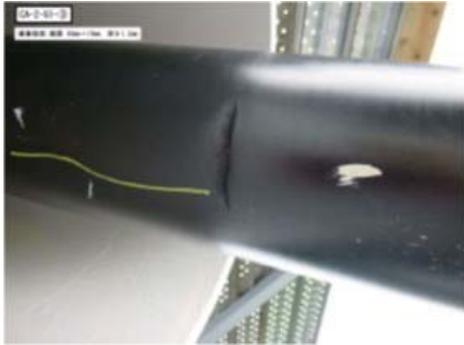
⇒ 『維持管理の手引き(案)』
→ 「〇〇橋の点検要領」



6

PE被覆ケーブルの内部環境評価

・被覆が損傷したケーブルの評価



PE被覆の割れ



PE被覆の剥離

- 内部の腐食環境の把握
- 調査・対策手法の提案



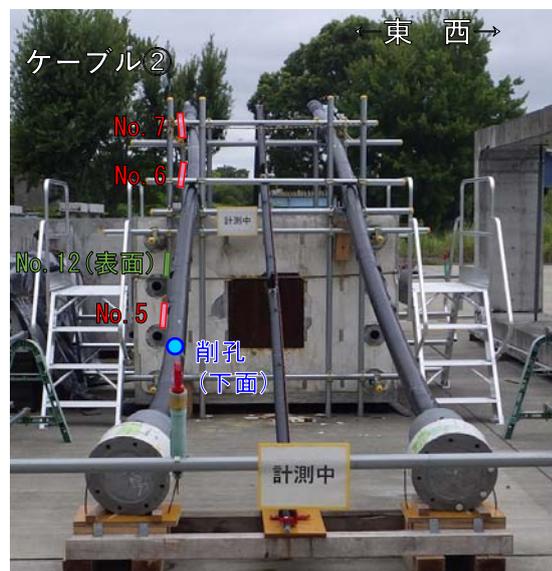
PE被覆ケーブルの内部環境評価

・PE被覆ケーブル内部の温湿度計則

【模擬損傷イメージ】



※写真は側面に設置した計測孔のもので、模擬損傷は下部に削孔する。



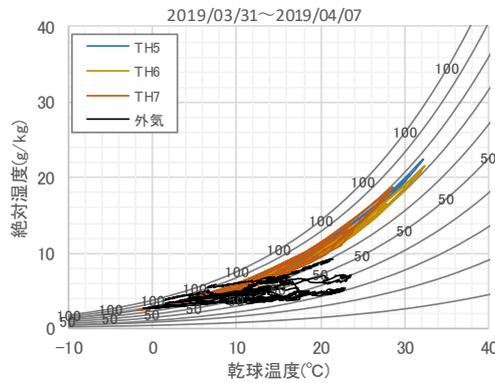
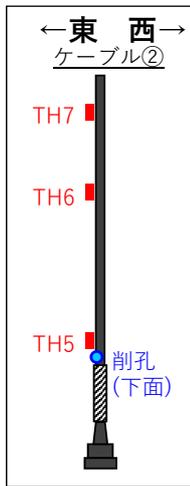
模擬損傷あり

なし

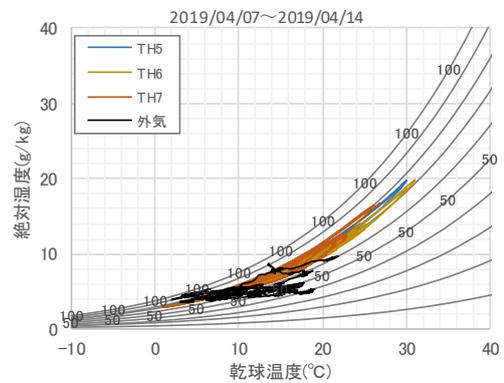


PE被覆ケーブルの内部環境評価

・計則結果例 (削孔前後の湿り空気線図の比較)



削孔前 | 週間



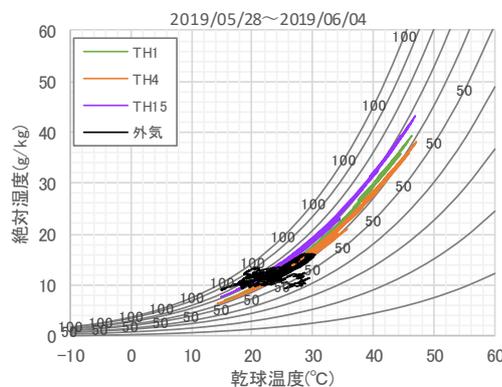
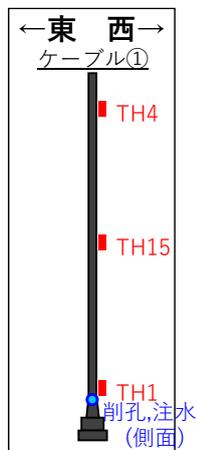
削孔後 | 週間

→ 削孔前後で変化なし

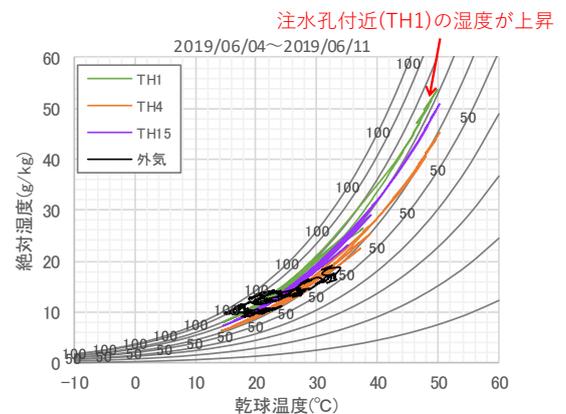


PE被覆ケーブルの内部環境評価

・計則結果例 (注水前後の湿り空気線図の比較)



削孔前 | 週間



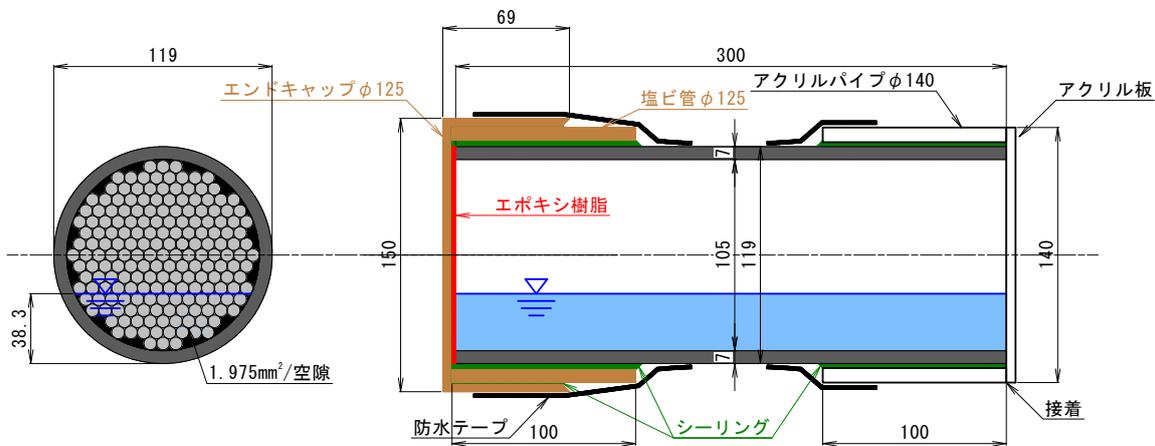
削孔後 | 週間

→ ケーブル下部で湿度上昇



PE被覆ケーブルの内部環境評価

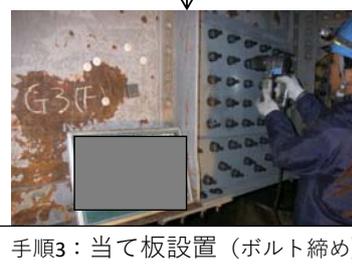
・腐食促進試験、屋外(屋根あり)暴露試験



→ 水、孔の有無により腐食状況を比較予定

腐食した鋼桁の補修・補強

あて板補強の施工事例



腐食した鋼桁の補修・補強

部分更新（部材交換）の施工事例



腐食した鋼桁の補修・補強

当て板補強、部材追加した事例



腐食した鋼桁の補修・補強法

伸縮装置からの漏水による再腐食の事例



補強前

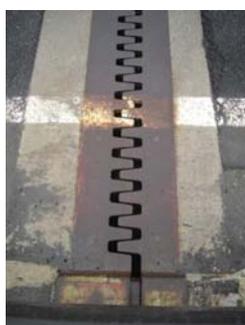
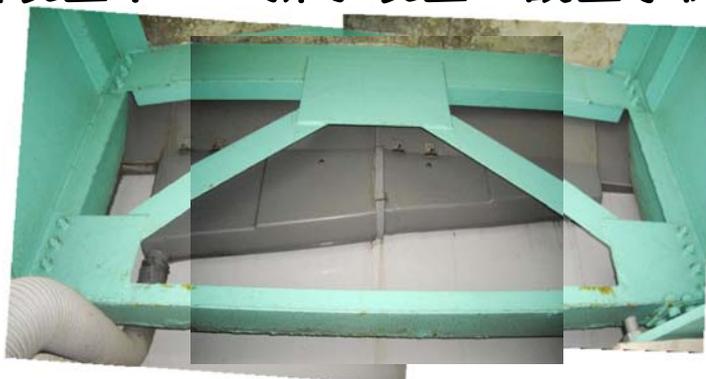


補強後の再腐食



桁端部の環境改善例

伸縮装置下への排水装置の設置事例



ポリエチレン製



腐食した鋼桁の補修・補強法

隙間からの再腐食の事例



補修中



補強後の再腐食



土木研究所資料No.4142
「鋼橋桁端部の腐食対策に関する研究」

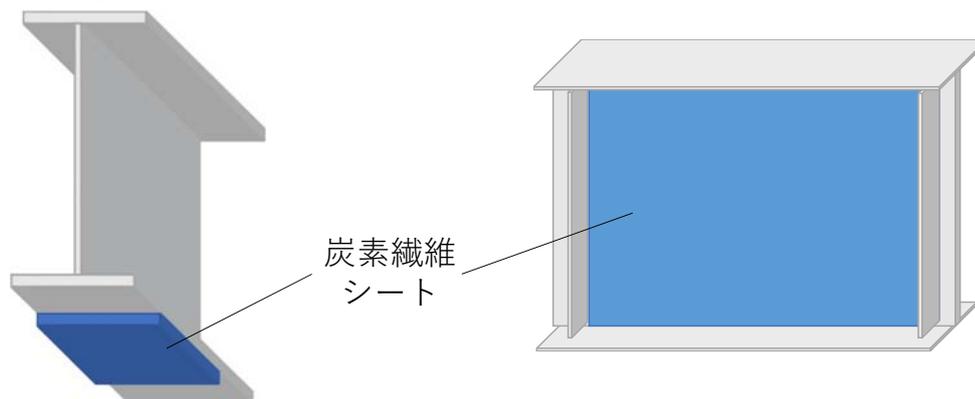
17

FRPによる補強設計法に関する研究

『道路橋のFRPを用いた複合構造化による 補修補強の評価方法に関する共同研究(H30~R3)』

土研・早大・長岡技大・首都大・京大・東北工大・弘前大・日大・長野高専
鋼材チーム と コンクリートチーム

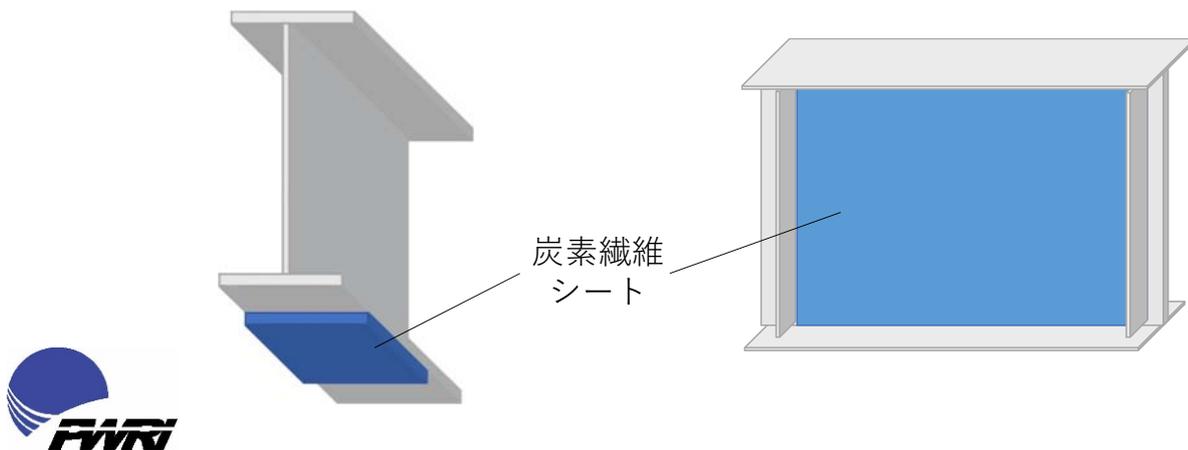
鋼桁の対象部材(当面)



18

破壊モードの確認実験 及び 解析的検討

- 鋼材の降伏
- 炭素繊維シートの剥離
- 炭素繊維シートの破断
- ・ 腐食の有り無し
- ・ パテ材
- ・ 積層数、定着長、



19

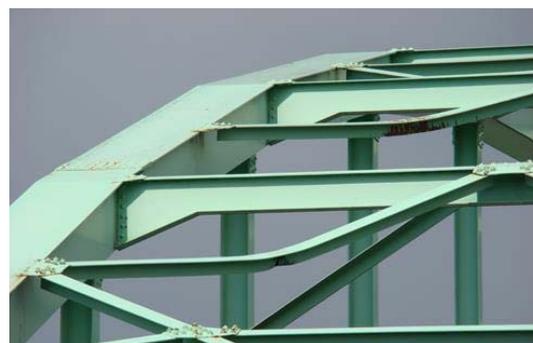
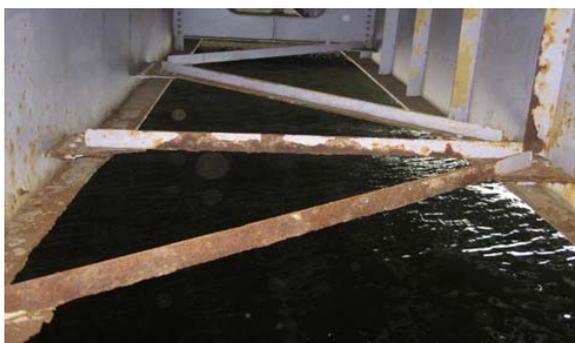
ステンレスの適用性に関する研究

『耐久性向上のための高機能鋼材の道路橋への適用に関する共同研究(H29~R2)』

土研・日本鋼構造協会・日本橋梁建設協会・PC建設業協会・
本四高速・早大・長岡技大・長岡高専

鋼板チーム と 鉄筋チーム

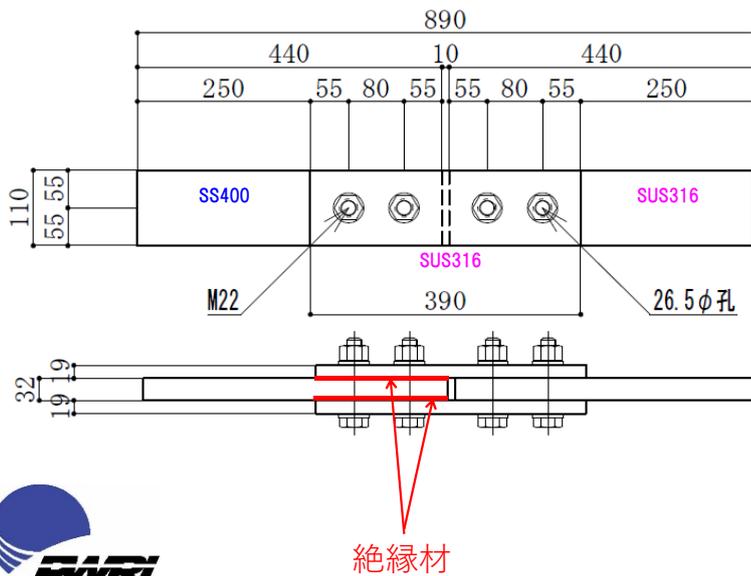
鋼板の対象： 横構や対傾構等の二次部材



20

ステンレスの適用性に関する研究

ステンレスと鋼材のボルト継手のすべり試験 異種金属腐食対策として、4種類の絶縁材を設置

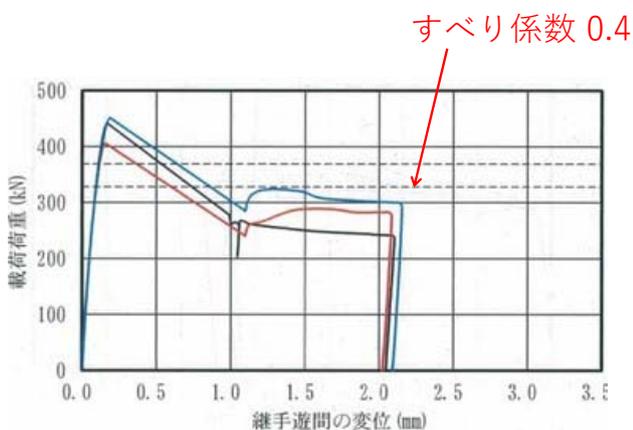


21



ステンレスの適用性に関する研究

すべり試験と絶縁抵抗測定結果



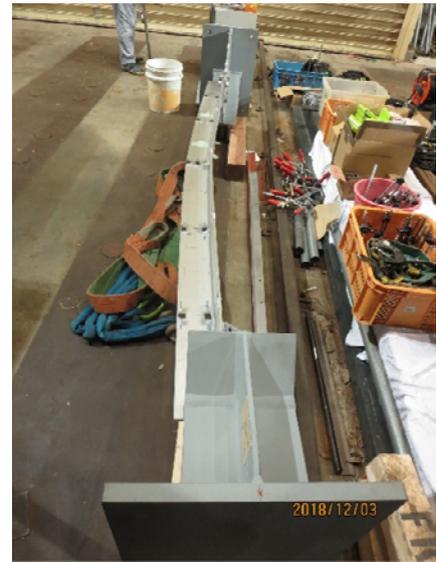
絶縁材		絶縁抵抗(MΩ)
塗装型	アルミナ溶射	1.45
	ガラスフレーク入り塗料	未測定 (すべりでNG)
フィラープレート型	GFRP板	6,280
	エポキシ樹脂板	17,500

「ステンレス鋼と炭素鋼の異材摩擦接合継手に関する実験的研究」
(澁谷ら、RI土木学会年次学術講演会、I-447)



22

- ・座屈耐荷力試験
- ・腐食促進試験、暴露試験
→実橋への適用に向けた仕様



「両端にガセットプレートを有する
ステンレス長柱の耐荷力に関する実験的研究」
(早大 松尾ら、RI土木学会年次学術講演会、I-111)



23

RC床版の疲労

- ・RC床版の疲労損傷事例



24

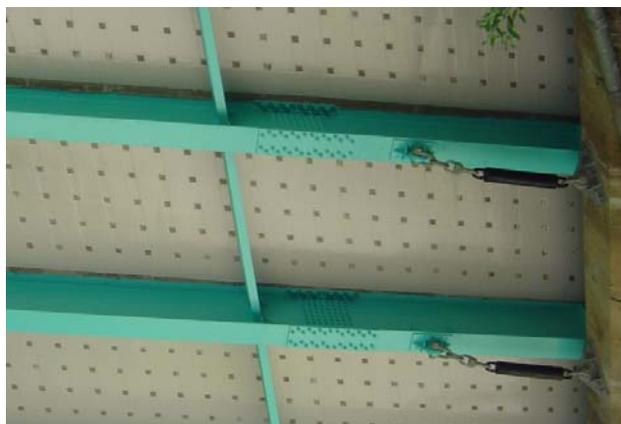
RC床版の疲労対策

・繊維補強されたRC床版の事例



一般的なシート補強例

例：繊維目付量 $300\text{g}/\text{m}^2$ の1方向シート
($\sigma_t=3.4\text{kN}/\text{mm}^2$ 、 $E=245\text{kN}/\text{mm}^2$)を
主鉄筋・配力筋方向に各2層貼り



格子貼り例

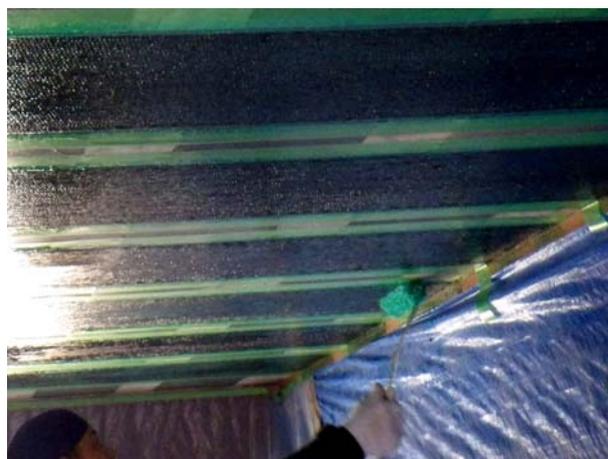
- ・滞水防止
- ・点検可能
(ひび割れ確認)



シートの施工状況



繊維の貼り付け



樹脂の含浸

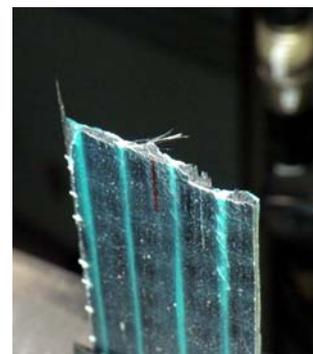
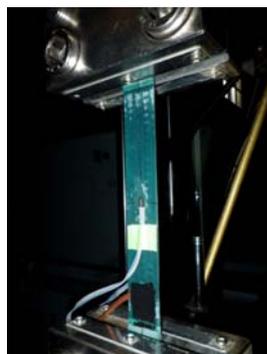


「繊維シートによるRC床版の補強設計法 に関する共同研究(H25~29)」

→ 輪荷重走行試験により、損傷メカニズムの解明
補強設計に必要な項目を提示

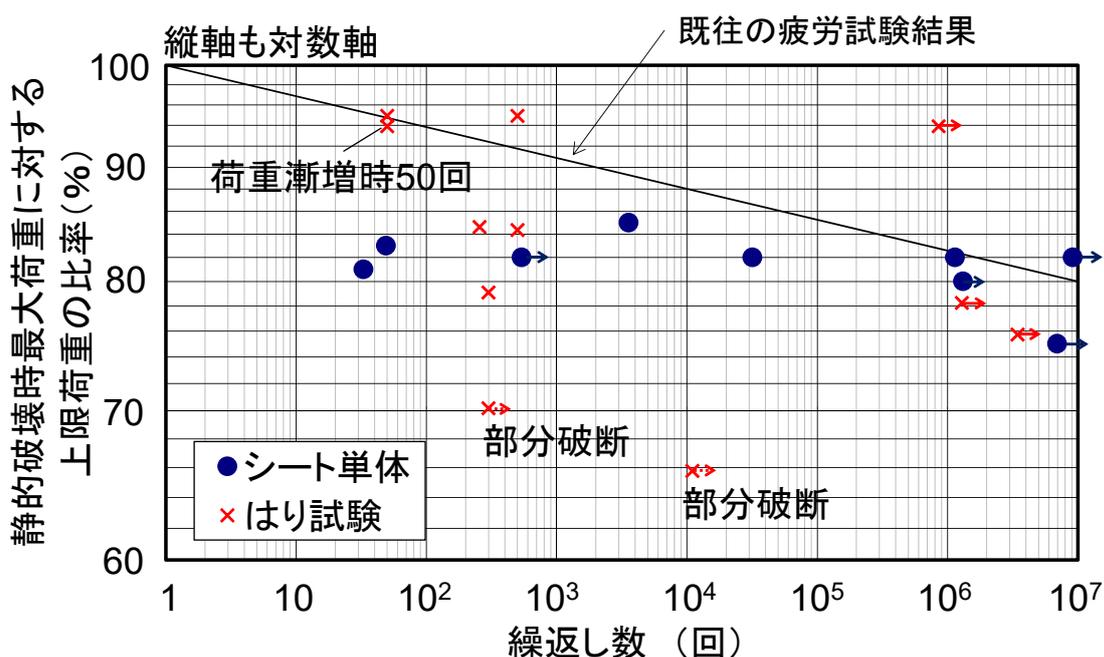
→ シートの疲労試験により、疲労耐久性を評価

土研、炭素繊維補修・補強工法技術研究会 共同研究報告書とりまとめ中



28

CFRPシート単体の疲労試験結果



田中、村越、玉越、新藤：曲げを受ける鉄筋コンクリートに接着されたCFRPシートの破断、構造工学論文集No.63A、pp.999-1012、2017.3

29

RC床版の疲労対策

「連続繊維補強されたRC床版の耐久性評価 に関する共同研究 (H29~R2)」

土研、(一社)繊維補修補強協会、
積水化学工業(株) (~H30)

検討項目

- ・曲げを受けるRC部材に接着したシート補強材の剥離限界
- ・それに基づく、シート補強材の要求性能と試験法



30



RC床版の土砂化

舗装の劣化



31

RC床版の土砂化

舗装撤去後



RC床版の土砂化



(中部地方整備局提供資料)

RC床版の土砂化



(中部地方整備局提供資料)

36

RC床版の土砂化中間層の調査



37

RC床版の土砂化中間層の調査

コア側面の観察



E1



E3



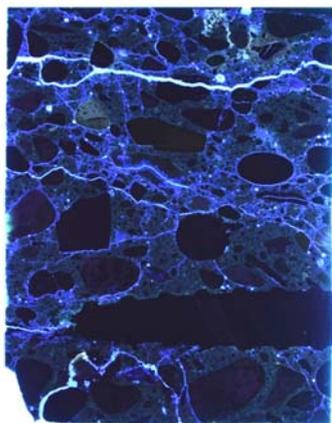
E4

195 mm



RC床版の土砂化中間層の調査

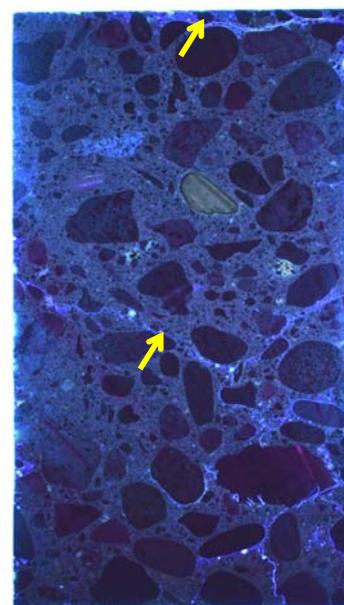
コア切断面の微細ひび割れ観察



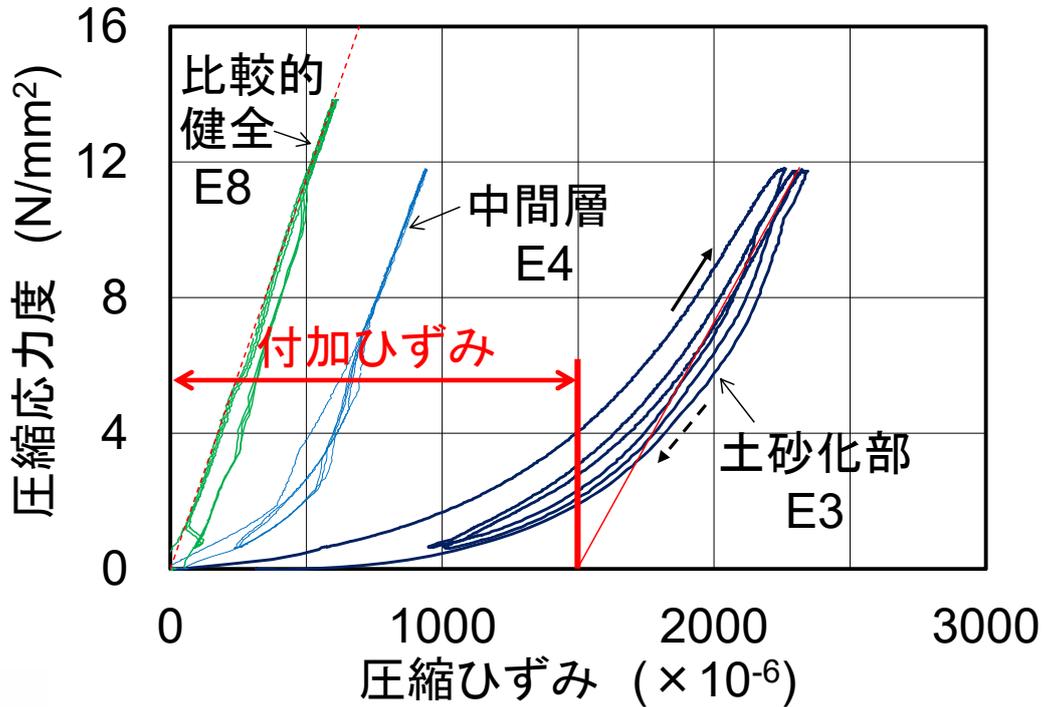
E1



E4

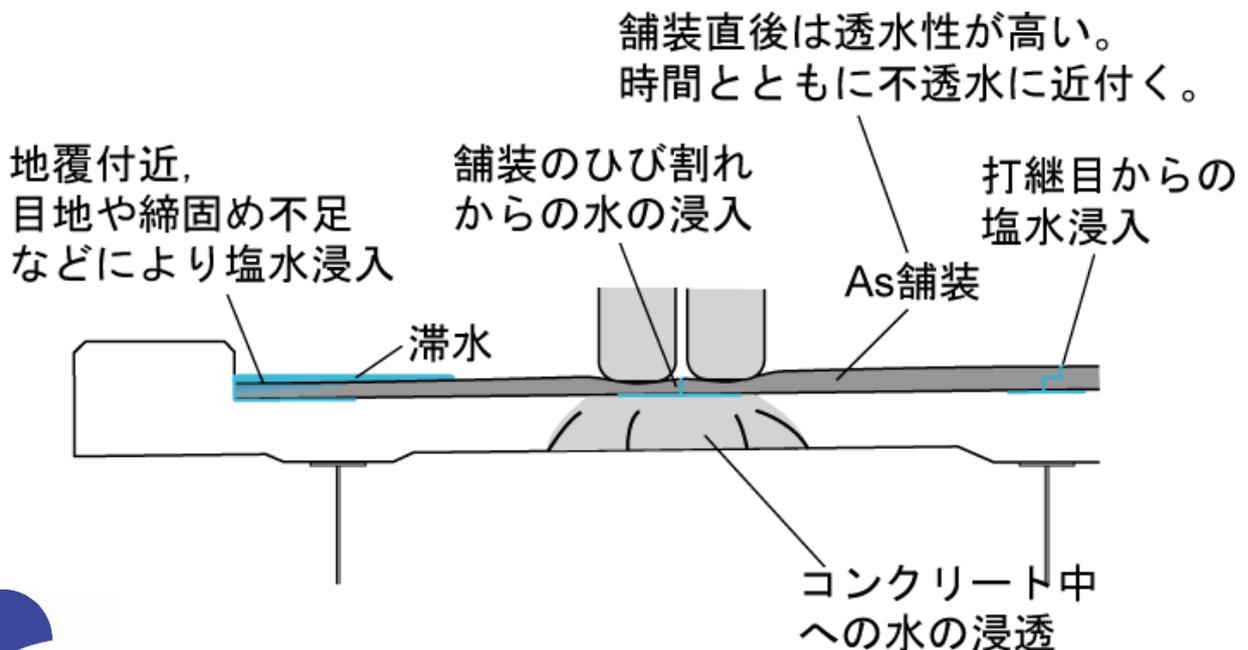


RC床版の土砂化中間層の調査



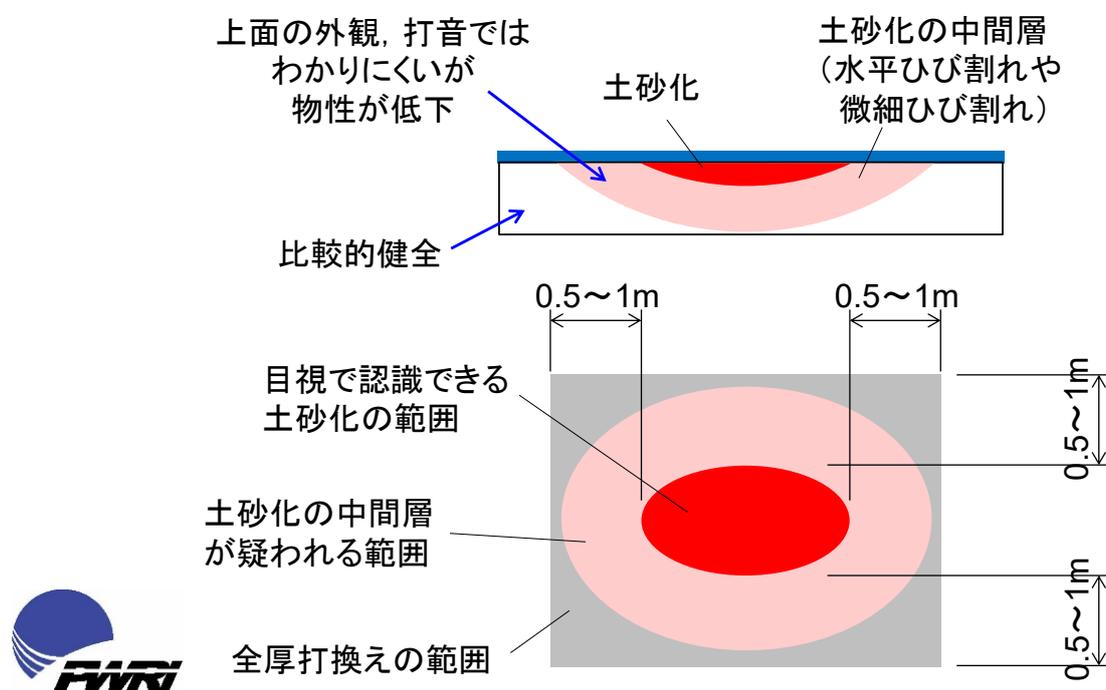
RC床版の土砂化中間層の調査

想定される水(塩分)の侵入経路



RC床版の土砂化中間層の調査

土砂化中間層の適切な除去



42

RC床版の土砂化中間層の調査

「道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査」
(田中・玉越・村井・藤本、コンクリート工学年次論文集、
Vol.40、No.2、pp.1315-1320、2018)

「道路橋コンクリート床版の土砂化に関する調査
～土砂化中間層とその適切な除去範囲～」
(田中・上仙、土木技術資料、Vol.61、No.7、pp.53-54、2019)

(今後)
⇒ 土砂化中間層特定のための調査手法の提案
⇒ 適切な床版打換え

43

まとめにかえて

- 1) PE被覆ケーブルの内部環境評価
(担当:坂本研究員)
- 2) FRPによる補強設計法
(担当:坂本研究員、小野研究員)
- 3) ステンレスの適用性 (担当:大西研究員)
- 4) 連続繊維補強されたRC床版の評価法
- 5) 土砂化中間層の調査
(担当:田中総括主任研究員)



まとめにかえて

- 鋼部材の非破壊検査手法
- 耐候性鋼材の耐久性評価
(担当:高橋主任研究員)

- 鋼橋の疲労に関する診断支援AIの構築
(担当:大西研究員、峰交流研究員)

- ※ ご意見、共同研究のご提案、交流研究員のご相談等、お待ちしております。



橋梁維持管理へのAIの活用と データ取得技術

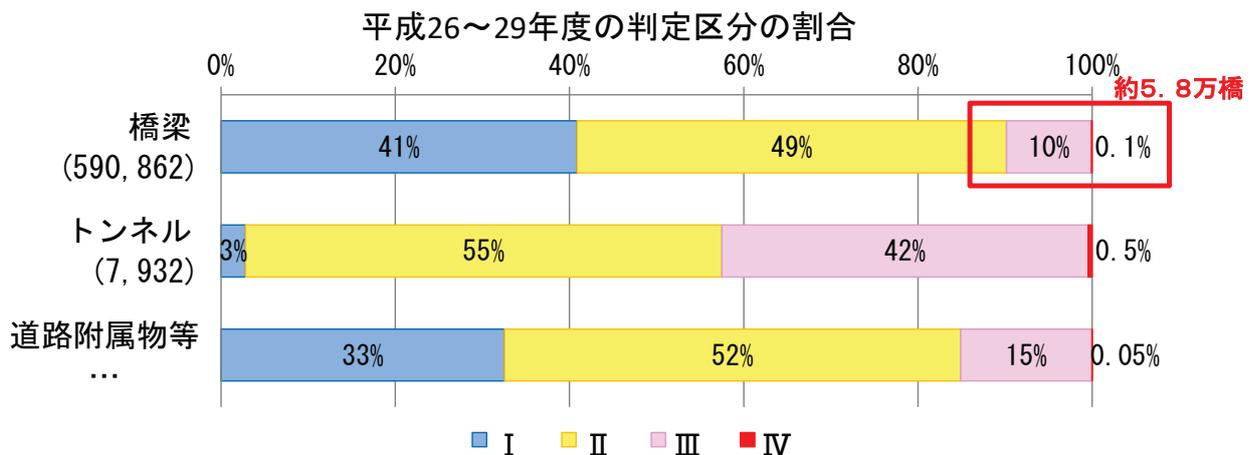
国立研究開発法人 土木研究所
構造物メンテナンス研究センター
上席研究員 石田雅博

2019年8月29日



橋梁、トンネル等の定期点検結果

○ 定期点検を実施した結果、橋梁の場合、約10% (約5.8万橋) が緊急又は早期に措置を講ずべき状態と判定。



区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

※()内は施設数

※道路附属物等: シェッド・大型カルバート、横断歩道橋、門型標識等

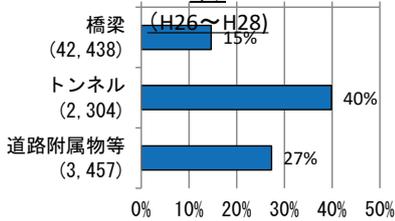
※四捨五入の関係で合計値が100%にならない場合がある。



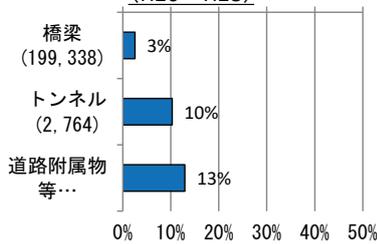
措置の状況

- 平成26～28年度に定期点検を実施した橋梁のうち、次回点検までに措置を講ずべき橋梁(判定区分Ⅲ・Ⅳ)における修繕に着手した割合は、現時点で、国土交通省管理で62%、地方公共団体管理で10%程度。
- ライフサイクルコストの縮減に向け、予防保全型(判定区分Ⅱ)の修繕に移行する必要があるものの、現時点では事後保全型(判定区分Ⅲ・Ⅳ)の修繕よりも予防保全型の修繕に着手した割合は低い状況。

事後保全型(Ⅲ、Ⅳの修繕着手率)



予防保全型(Ⅱの修繕着手率)



Ⅲ・Ⅳ判定の橋梁における点検年次別修繕着手率

管理主体	点検実施年度	修繕が必要な施設数(A)	修繕に着手済みの施設数(B)	着手率 (B/A)	
				0%	100%
国土交通省	H26	765	572	75%	
	H27	548	342	62%	
	H28	684	319	47%	
高速道路会社	H26	298	180	60%	
	H27	397	132	33%	
	H28	479	110	23%	
都道府県・政令市等	H26	3,528	471	13%	
	H27	4,135	414	10%	
	H28	4,873	288	6%	
市町村	H26	5,130	1,064	21%	
	H27	9,550	1,223	13%	
	H28	12,051	1,089	9%	

Ⅱ判定の橋梁における修繕着手率

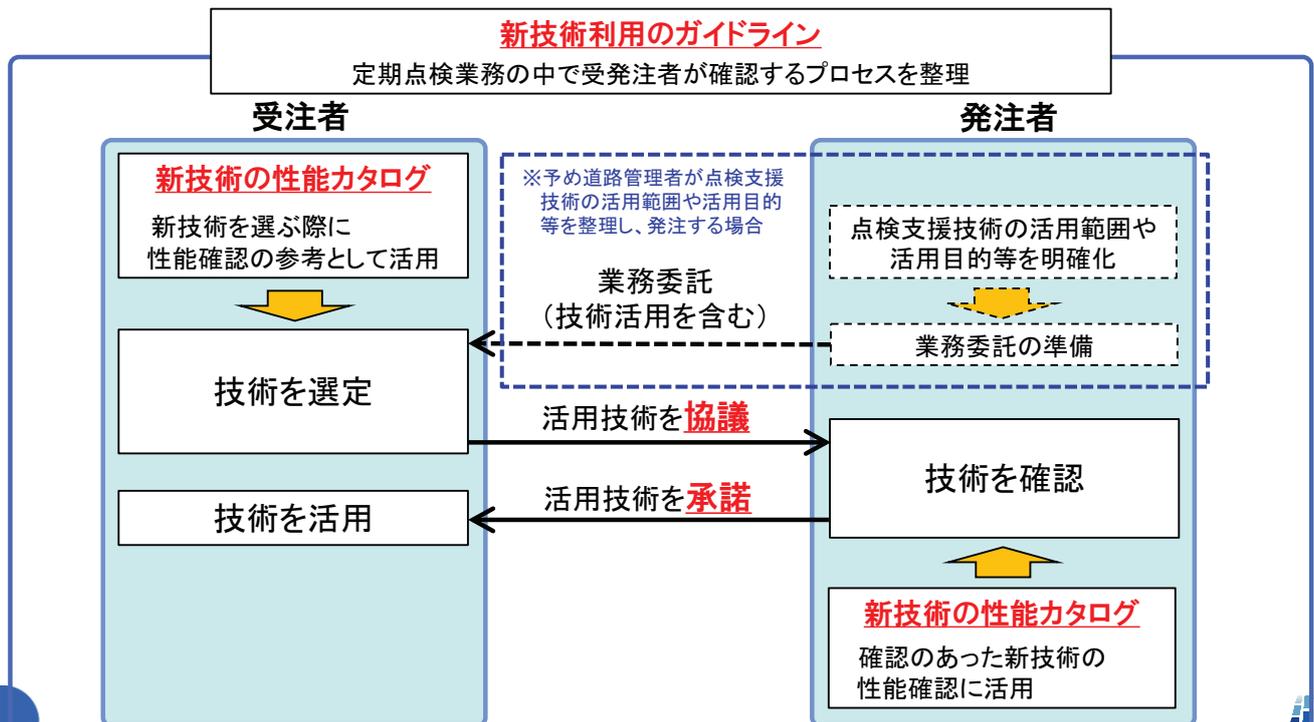
管理主体	点検実施年度	修繕が必要な施設数(A)	修繕に着手済みの施設数(B)	着手率 (B/A)	
				0%	100%
国土交通省	H26～28	7,225	1,808	25%	
高速道路会社	H26～28	10,893	290	3%	
都道府県・政令市等	H26～28	53,172	566	1%	
市町村	H26～28	128,048	2,413	2%	

※平成26～28年度に判定区分Ⅱ、Ⅲ、Ⅳと診断された施設のうち、修繕(設計を含む)に着手した割合(H29年度末時点)
 ※判定区分 Ⅰ:健全、Ⅱ:予防保全段階、Ⅲ:早期措置段階、Ⅳ:緊急措置段階



ガイドライン・性能カタログの概要

- ガイドラインは、定期点検業務の中で受発注者が使用する技術を確認するプロセス等を例示。
- 性能カタログは、国が定めた技術の性能値を開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考とできる。



メンテナンスサイクル それぞれ何のために行うのか？

診断

◎適切な措置を示すため

◎適切な診断を行うため

点検

☆次の工程が適切に行われることが目的

措置

◎リスクを除去するため

◎5年後に比較するため

記録



土研の呼びかけに官民25者が集結

官民連携で研究を推進するため、建設コンサルタント、IT企業、診断機関、研究機関、地方自治体等25者から成る共同研究体制を平成30年度に立ち上げました。



□研究内容

① 点検AIの開発(床版の土砂化、画像解析)

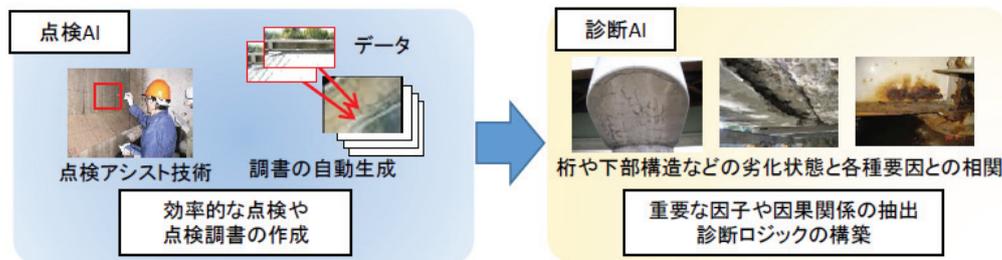
- ・ロボット等による点検作業の補助や一部自動化を目指した、診断に役立つ点検データ等の取得技術(ひび割れや腐食等の変状の検出・識別、および要点検箇所への誘導等)
- ・画像および、電磁波レーダーを含むその他のセンサ等から取得したデータの分析および損傷の兆候のスクリーニング(前回記録との比較および適切な診断を行うための情報の抽出)
- ・開発技術を統合し、現場での点検の支援、および、スクリーニングした情報を記録するシステムの提案

② 診断AIの開発

- ・周辺環境の分析、取得画像の分析、各種非破壊試験結果など様々なデータ・物理量と劣化との相関関係
- ・熟練技術者の論理的思考や基礎的な情報についてエキスパートシステム等へ入力するデータの作成
- ・診断を支援する技術の試作・試行
- ・診断AIのインプットデータとして最適な点検調書のフォーマットを検討

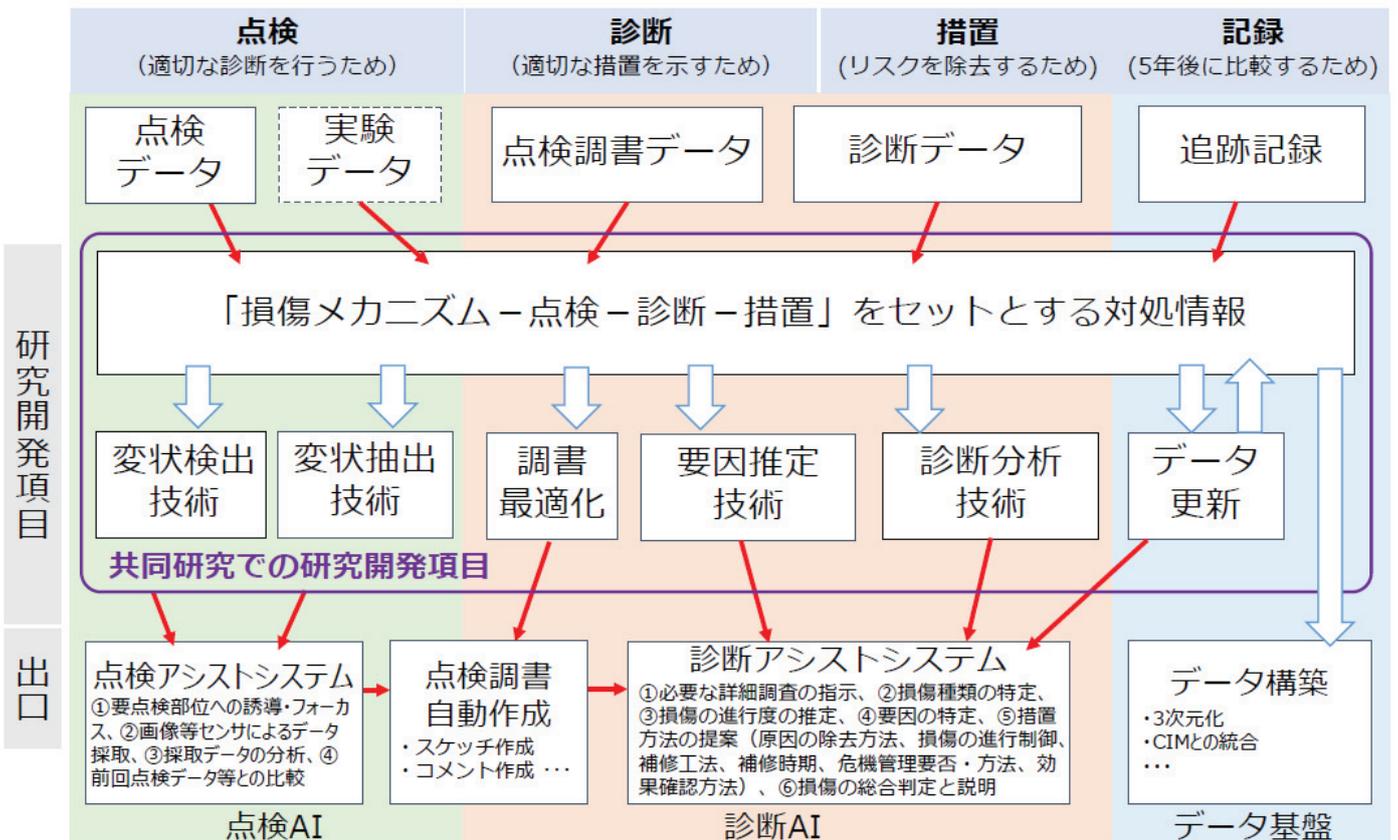
③ データ基盤の開発

- ・目的に応じた教師データセットの整備
- ・3次元化された構造データ上に点検データを表示する技術の検討



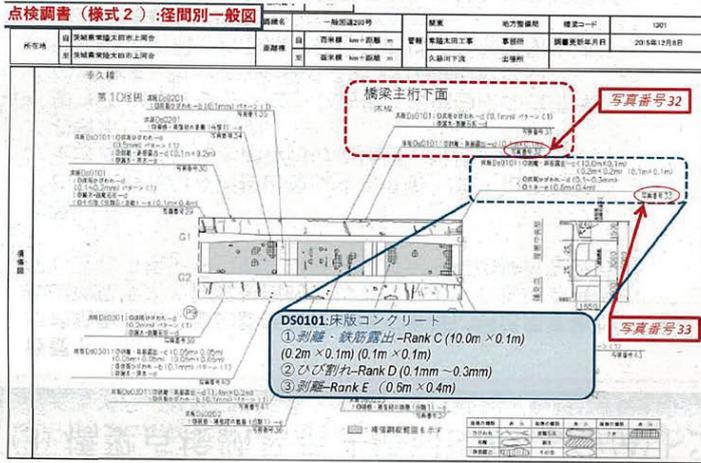
AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究 全体像

- ・点検AIでは、診断に必要な情報の抽出、調書の自動作成などを目標とする
- ・診断AIでは、損傷種類・要因の特定、措置方法の提案などの開発を目標とする



【点検ロボットの取得画像と成果物の例】

取得画像から展開図(径間別一般図)と写真調書の作成



損傷位置と写真を帳票に整理

様式6 損傷写真

橋梁名	区間番号	撮影年月日	撮影者	撮影機材	撮影位置	撮影時刻	撮影条件	撮影内容	撮影画像	撮影画像
〇〇橋	11	2015.11.19								

14

PROJECT: 11各径間大断面3D点群

Pins

- 11 剥離・鉄筋露出 2 hours ago
- 10 高水・遊歩道段 2 hours ago
- 9 剥離・鉄筋露出 2 hours ago
- 8 高水・剥離石段 4 days ago
- 7 ひび割れ 4 days ago
- 6 ひび割れ 4 days ago
- 5 ひび割れ 4 days ago
- 4 ひび割れ 4 days ago
- 3 ひび割れ 4 days ago
- 2 ひび割れ 4 days ago
- 1 ひび割れ 4 days ago

ひび割れ

id By: tatsuru ninomiya
sm, E: -4.5m, Up: 26.2m

4-ひび割れ

画像をクリックすると対応するSFM部分を表示 (Click on the image to display the corresponding SFM location)

区間番号	要素番号	撮影年月日
11	0301	2015.11.19
11	0101	2015.11.19

RC床版の新局面

土砂化による抜け落ちが主流に

5年前の点検写真
損傷の兆候なし

一面の遊離石灰にも注目



大問題！下からの点検だけでは予防保全は不可能

2

RC床版の上面が土砂(砂利)化

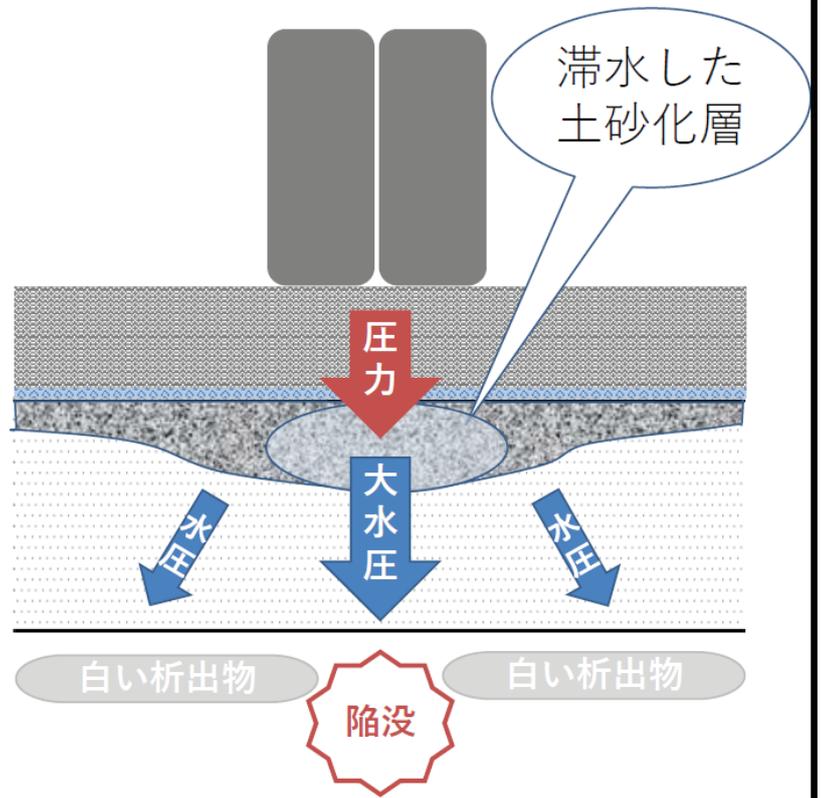
舗装の下はどろどろに



6

RC床版土砂化のメカニズム(仮説) その4

- 土砂化の深さは、床版厚の半分に及ぶこともある
- 帯水層があると、輪荷重により大きな水圧が生じる



- 直下では突然の陥没、周囲には白い析出物が広範囲に噴出する

RC床版・土砂化の予防保全

レーダー画像 損傷状態 対処方法

- | レーダー画像 | 損傷状態 | 対処方法 |
|----------------------------------|--------|---------------|
| ① 舗装下に漏水 | 未損傷 | 漏水の遮断 |
| ● 舗装下の水の存在、侵入箇所の特定 | | |
| ② 表層Co湿潤 | 前段階 | 漏水の遮断 |
| ● 表層コンクリートの湿潤状態 | | 出来ればここまでで止めたい |
| ③ 表層Co湿潤+初期劣化 | 初期劣化 | 遮水+排水+接着 |
| ● 表層コンクリートの一体化は保たれている | | 予防保全はここまで |
| ④ 水たまり | かぶり土砂化 | 遮水+舗装更新 |
| ● 土砂化層下部に水たまり | | |
| ● 土砂化深さが上鉄筋の下まで達していれば部分床版の打替えが適当 | | |
| ⑤ 深層土砂化 | 平面+下面 | 規制+床版更新 |
| ● 下面に広く遊離石灰が見られれば末期状態 | | |
| ⑥ 陥没 | | 規制+敷鋼板+床版更新 |

水はどこから浸入する？

雨上がり、センターライン付近に
滲み出す水の意味は？



センターライン付近に
舗装補修跡が集中



9

水はどこから浸入する？

舗装端部、防水層立ち上がり部
斜線部は舗装の浮き
水が入っている疑いあり

排水柵周りの舗装
ローラーによる締め固めは
困難



排水枡周辺からの漏水の影響

下フランジ周辺に著しい腐食
塩分の影響も見られる

床版打ち継ぎ目からの漏水
排水枡の近傍か



調査実施済橋梁

実施調査

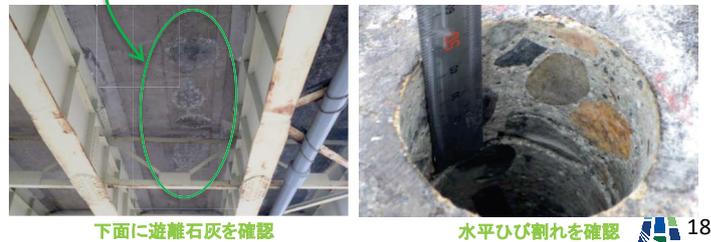
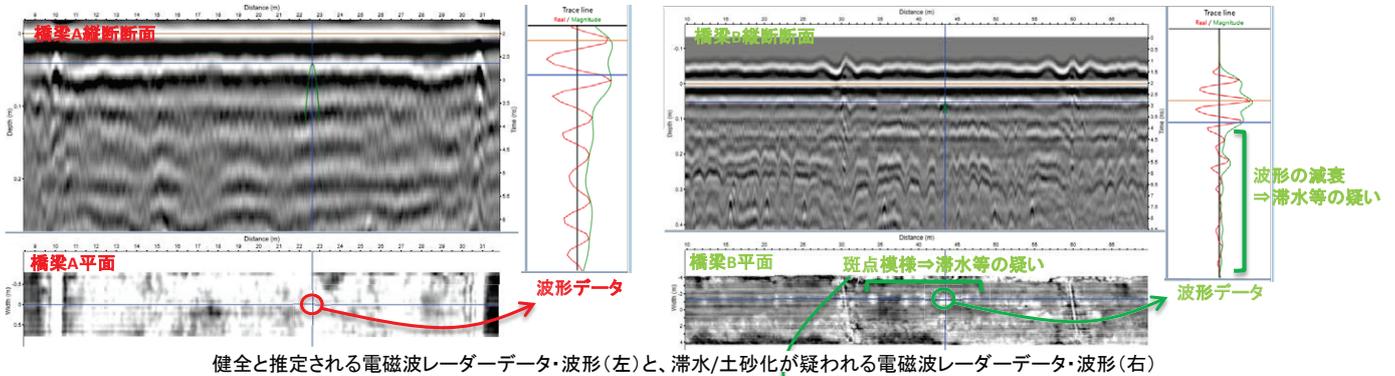
- 車載式レーダ(ニチレキ)
- カート式レーダ(復建技術C・土研物探T)
- ハンディレーダ(復建技術C)



RC床版の土砂化等に対する診断

<水の検知を軸とした早期検出技術の確立>

- ✓ 共同研究者である富山市から提供された実フィールド(15橋)にて電磁波レーダーでの走行計測(ニチレキ提供)※を実施。そのうち5橋については、開削調査を行い答え合わせまで実施。(1/15~1/23調査実施、結果分析中)
※総幅員7m(車線幅員3.5m)、橋長2m、床版厚20cmの橋梁から、およそ53,000個の波形データを取得可能(60~80km/hで走行した場合)
- ✓ 開削調査対象は、床版下面や舗装面に劣化が顕在化している橋梁のみならず、外観に劣化が現れていなくとも電磁波レーダーの結果に滞水等が疑われる橋梁についても実施。これまでの実地検証事例では補修工事段階でのレーダー計測がほとんどであったのに対し、**劣化の初期段階での検証事例を蓄積し、予防保全のための有用なデータを取得。**

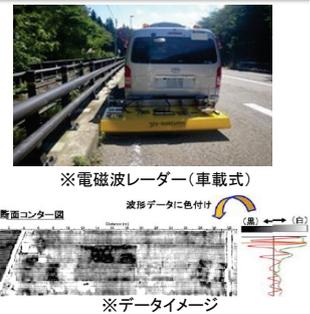


18
CAESAR

【PRISM1】RC床版の土砂化等に対する診断

進捗状況 <水の検知を軸とした早期検出技術の確立>

- ✓ 共同研究者(富山市)から提供された現場フィールド(15橋)にて電磁波レーダーでの走行計測(ニチレキ提供)※を実施。そのうち5橋については、開削調査を行い答え合わせまで実施。(H31.1)※総幅員7m(車線幅員3.5m)、橋長2m、床版厚20cmの橋梁から、およそ53,000個の波形データを取得可能(40km/h走行)
- ✓ 開削調査対象は、床版下面や舗装面に劣化が顕在化している橋梁のみならず、外観に劣化が現れていなくとも電磁波レーダーの結果に滞水等が疑われる橋梁についても実施。これまでの電磁波レーダー実地検証事例では補修工事段階でのレーダー計測がほとんどであったのに対し、**劣化の初期段階での検証事例を蓄積し、予防保全のための有用なデータ(うき・滞水)を取得。**



◆RC床版土砂化補修対策 コスト大(数億円の事例も)



適切なタイミングでの
予防保全措置が必要

◆劣化初期段階で水を検知した場合の措置 コスト小

- ・床版上面の水の浸入経路の遮断
- ・床版上面の水の排出

19
CAESAR

【PRISM1】RC床版の土砂化等に対する診断

令和元年度実施内容

＜内部劣化状態の推定・措置方法決定に資する重点点検項目の把握＞

- ✓ 直轄の道路管理者より提供された現場フィールドにおいて電磁波レーダ等による調査を実施。[共研負担]
(東北地整、九州地整、中部地整、北海道開発局)
- ✓ 気象条件等の異なる地域での実証として茨城県での電磁波レーダでの走行計測(16橋実施済)
および詳細調査・開削調査を実施予定。[アドオン予算]



- ①車載式電磁波レーダによる調査(ニチレキ)
- ②カート式電磁波レーダによる詳細調査(土研物理探査)
- ③カート式電磁波レーダによる詳細調査(復建技術コンサルタント)
- ④ハンディ式電磁波レーダによる詳細調査(富士電機)
- ⑤超音波計測による舗装と床版境界面の空隙調査(日本無線)
- ⑥MMSによる床版上面の勾配計測(アジア航測・三菱電機)
- ⑦Single i工法による床版内部の水平ひび割れの確認(土研)

◆平成30年度国土交通省国土技術研究会指定課題
「道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究」
■参加機関
東北地整、北陸地整、中部地整、九州地整
北海道開発局、国総研、土研
◆共同研究者
・富山市 ・茨城県

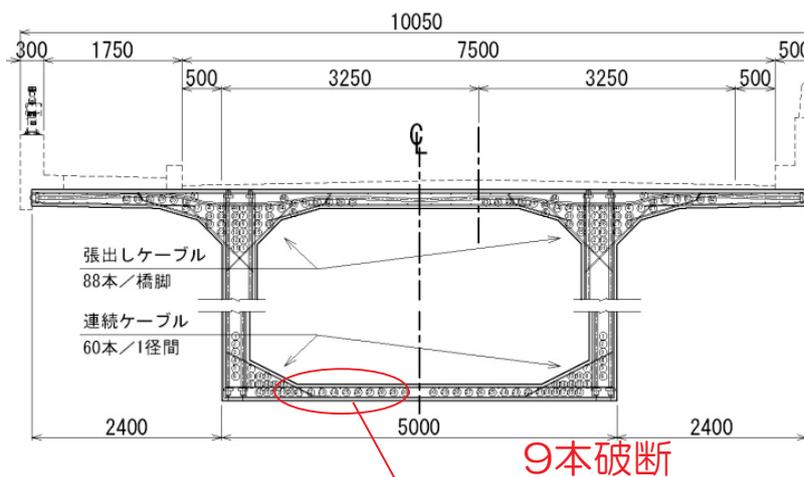
現場フィールドの提供

R1年度実施予定橋梁(R1.7現

管理者	調査橋梁数	開削調査	実施日	
H30 富山市	15橋	5橋	2019/1/15~	
R1	九州地方整備局 大分河川国道事務所 日田国道維持出張所	14橋	1橋	2019/4/1~
	東北地方整備局 新庄河川国道事務所 新庄国道維持出張所	1橋	未定	2019/5/21~
	東北地方整備局 青森河川国道事務所 弘前国道維持出張所	1橋	未定	2019/6/18~
	中部地方整備局 飯田国道事務所 飯田国道維持出張所	2~3橋	未定	2019/8月頃
茨城県	16橋	未定	2019/5/15~	

CAESAR

破断発見



現場打ちコンクリート部

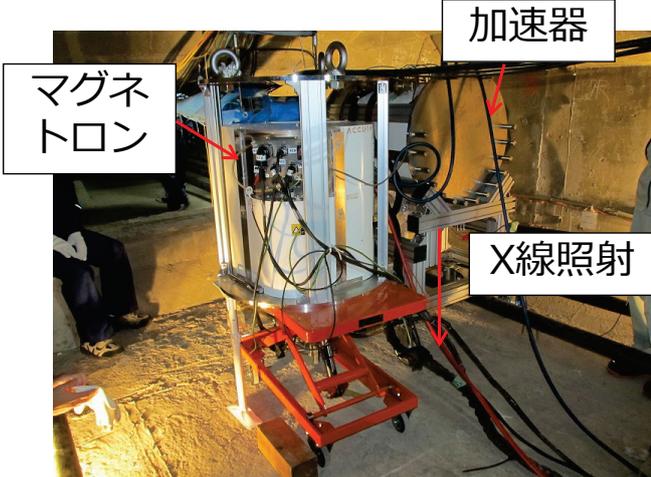




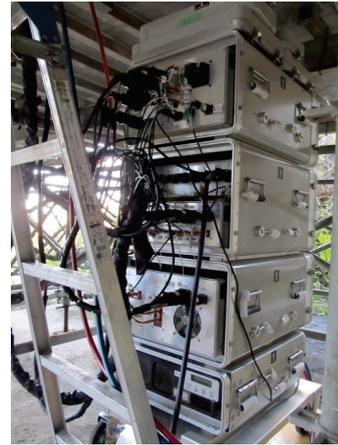
機器の搬入
(長野側マンホール)



ケーブルの接続



950keVの設置



電源・冷却ユニット
(桁外)



実橋梁でのX線撮影

H27

新潟・妙高大橋 (H27.11月)



H28

北海道・美恵橋 (H28.9月)



H29

北海道・築別橋 (H29.6月)

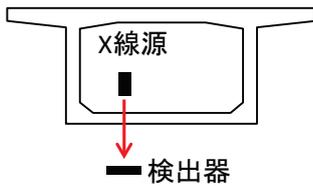


新潟・妙高大橋 (H28.10月)

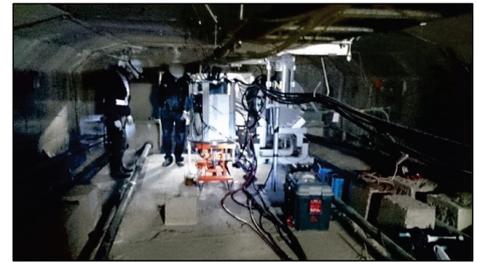
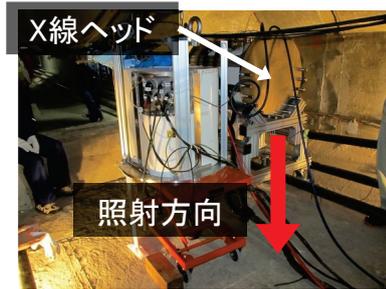


箱桁の撮影

撮像方法

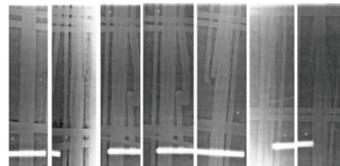
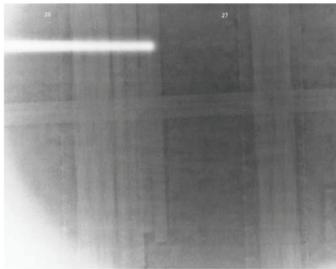


- ・箱桁内部にX線源を設置
- ・外側に設置した検出器で撮像

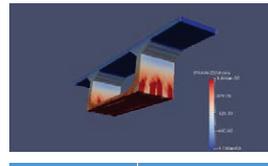


箱桁内のX線源設置の様子

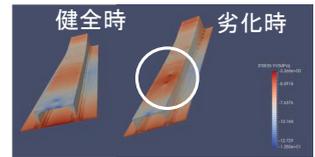
撮像結果



横方向(長手方向に垂直)の
300 keV 線源によるスキャン画像



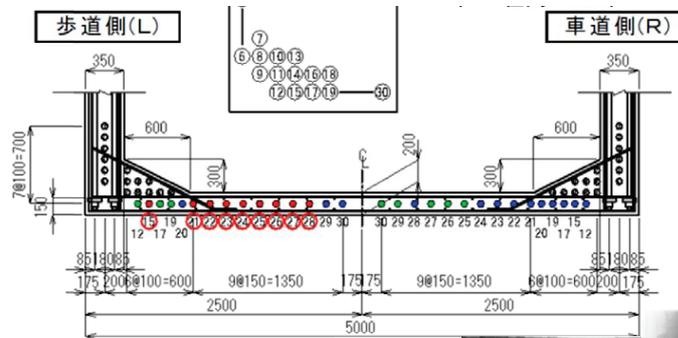
橋梁状態	荷重(kN)
健全時	7.61E+03
劣化時	7.20E+03



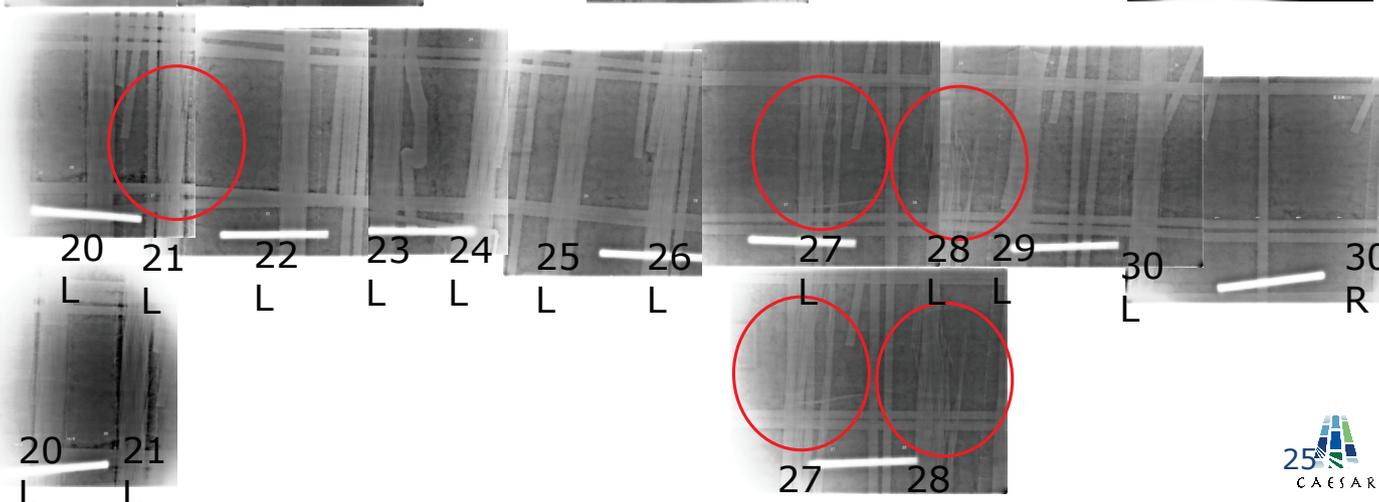
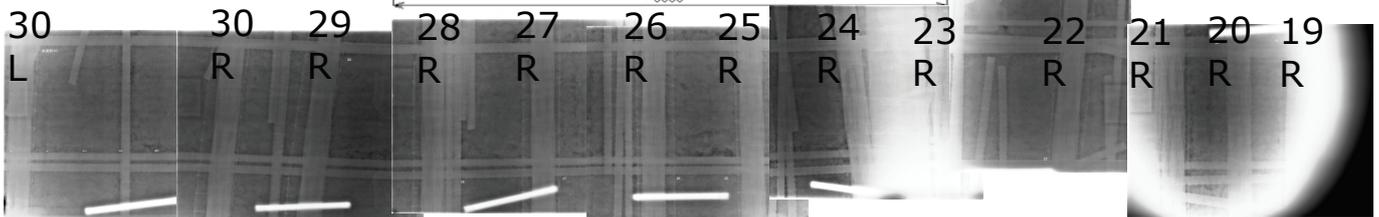
第一径間の解析
劣化時に下縁部に大きな
応力分布

- ・950 keV X線源による撮像に成功
- ・橋梁内部のPC鋼材をFEMに撮像

- ・横方向のスキャン結果から、PC鋼材の破断や残存率を10%単位で判断
- 3次元有限要素法による健全性の評価、構造耐力5%の低下と判定



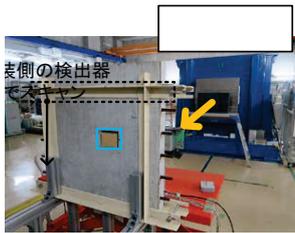
300keVによる結果



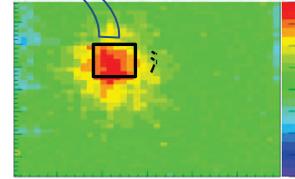
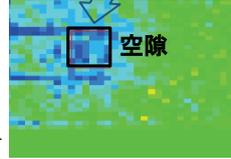
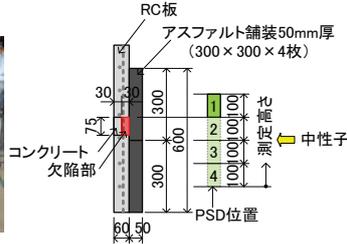
技術開発の成果と達成度(理研)

反射法によるアスファルト舗装下の空隙・水の検出技術開発(達成度90%)

- アスファルト舗装を施した模擬床版供試体の反射法を実施し、舗装5cm下に存在する空隙・水を検出した。



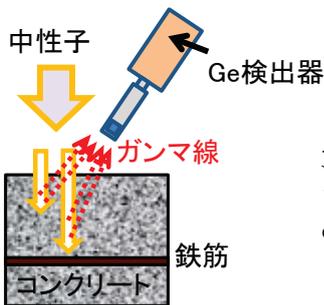
実験セットアップ



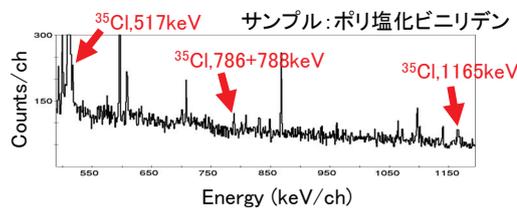
舗装下の空隙・滞水の反射イメージング

中性子誘導即発ガンマ線分析によるコンクリート内塩分の非破壊測定技術開発(達成度90%)

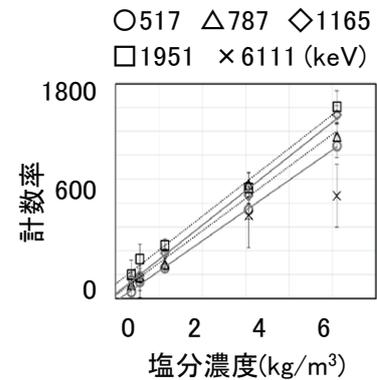
- 中性子誘導即発ガンマ線分析によるコンクリート内塩分の測定を実施した。その結果、 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ の塩分を非破壊で定量評価できた。



塩分の非破壊測定概念図
FVRIの達成度 80%



ガンマ線スペクトル



5. 下部構造の塩化物イオン試験

対象となる橋梁の橋台または橋脚から試料を採取し、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により、コンクリート中に含まれる全塩化物イオンの試験を行う。



メンテナンスサイクル それぞれ何のために行うのか？

