

社会連携講座の活動成果の概要 2009-2011

2012.4

目次

<社会連携講座>

- 社会連携講座の概要
- 社会連携講座に関するこれまでの取り組み

<講座研究>

- インフラ管理に関する主な課題と対応策
- 「情報技術によるインフラ高度化」施策体系
- インフラ高度化のためのシステムの全体像
- 点検業務の制度的枠組み
- 点検業務における運営実態の比較・分析
- 点検業務で取り扱う情報
- 点検業務における情報技術の活用可能性
- バランススコアカード(参照モデル)と評価指標
- センサ等を活用したICTの先進事例～取得・流通・蓄積・応用～
- インフラ分野におけるセンサ等を活用した先進事例
- ICTの技術分野と収集データの有効活用
- 現場データの活用に関するプレスタディ(データマイニング)
- 現場情報の活用の視点とICTによる対応策
- 点検業務の課題とICTを活用した改善の方向
- 点検等現場業務の将来像
 - 1) 点検員の現場作業の効率化(案)
 - 2) 構造物特性を踏まえた点検方法の合理化(案)
 - 3) 個別点検実施判断等技術的判断の支援(案)
 - 4) 点検関連データの経営・マネジメントへの活用(案)
 - 5) 常時監視(センサ等)設備の活用(案)

<インフライノベーション研究会>

- インフライノベーション研究会の概要

社会連携講座の概要

ICTの活用によるインフラの高度化をテーマに、日本を代表するインフラ企業等と東京大学が新たな講座を設立

1. 社会連携講座の名称等

和文:「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座
英文: Research Initiative for Advanced Infrastructure with ICT
—設置期間:平成21年4月1日～平成26年3月31日
URL: <http://www.advanced-infra.org/>

2. 講座の目的

情報技術を活用した施設管理等に関するマネジメントを高度化するとともに、新たな情報基盤を活用した新たなビジネスを創出し、インフラ・イノベーションの実現を目指す。
また、こうした目的を達成するため、シーズとニーズ、技術と運用、理論と実践といった様々な知識や経験を結合し、新しい価値を生み出す実践的な研究プラットフォームの確立を目指す。

3. 社会連携講座の構成員(平成24年3月現在)

東京大学大学院情報学環、首都高速道路株式会社、東京地下鉄株式会社、東日本旅客鉄道株式会社、株式会社日立製作所
研究協力機関:総務省、経済産業省、国土交通省、独立行政法人土木研究所、東京都、日本電信電話株式会社、アビームコンサルティング株式会社

4. 担当教員(平成24年3月現在)

坂村健教授(兼任)、石川雄章特任教授、越塚登教授(兼任)、市川暢之特任講師、田中克直特任講師(兼任)、湧田雄基特任助教(兼任)、二宮利江特任研究員(兼任)

社会連携講座とは(東京大学HP)

公益性の高い共通の課題について、民間企業または独立行政法人などから受け入れる共同研究の一環として、学部及び研究科などの研究を行う大学院組織などにおかれる講座。学術と社会の発展の推進、および東京大学における教育研究の推進・充実を図ることを目的とする。

5. 研究テーマ

1) 情報活用による施設マネジメントの高度化

業務分析による維持管理業務の合理化、コードによる補修履歴の適切な管理、センサー等を活用した非常時の対応などの情報活用による施設マネジメントの高度化等

2) 情報インフラの多面的活用

施設管理等の目的で設置した情報基盤や業務管理用データを利用者へのサービスにも活用するなど、情報インフラの多面的な活用による新たなビジネスの可能性等

3) 実践的な研究プラットフォームの運営方法

意見交換等の場の運営、関連研究DB等の運用、共通課題に関する共同研究など、知識や経験を結合し新しい価値を生み出す実践的な研究プラットフォームの運営方法

6. 運営方針

学術と社会の発展の推進及び教育研究の進展・充実を図ることを目的とし、共同研究が着実に実施されるよう、参加者の相互協力のもと次の方針に基づいて運営される。

- (1) 幅広い知識や経験が交流し、新しい価値が生み出されるよう努める
- (2) 主体的かつ積極的に研究に関与し、協働して研究を推進するよう努める
- (3) 研究成果を積極的に公表するとともに、その成果の実現に向けて努める

7. 期待される効果

公物・施設・空間管理分野と情報技術分野において、様々な知識や経験が交流し結合することにより、研究領域の発展、社会的便益の向上、新ビジネスの創出等に繋がる。また、本講座を核とする産・学・官の横断的な人的・知的なネットワークが生まれる。

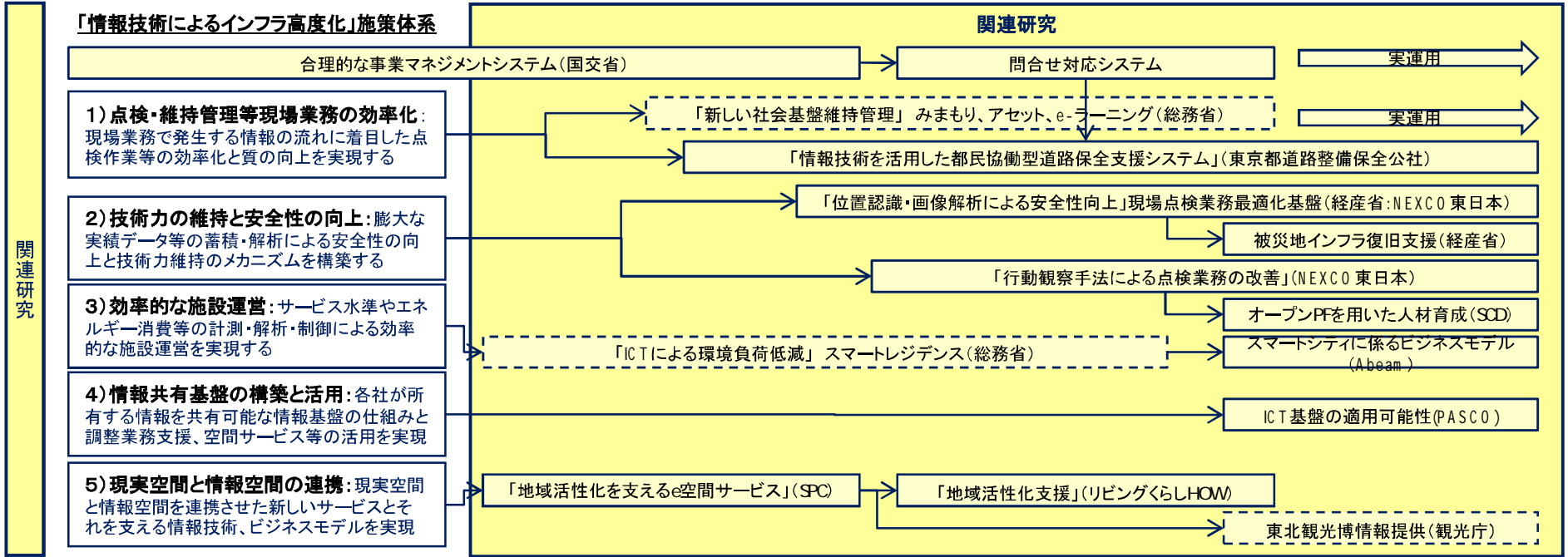
インフラインノベーション研究会

社会連携講座を中核として、様々な方が参加できるオープン＆フェアな交流の場。研究会の目的・活動などに賛同し協力する企業や団体に参加していただき、幅広い知識や経験を共有し、交流を深めることで新しい価値を生み出すことを目的とする。

社会連携講座に関するこれまでの取り組み

中核となる講座研究を計画的に実施するとともに、施策体系に基づく関連研究も外部資金等を活用して積極的に推進

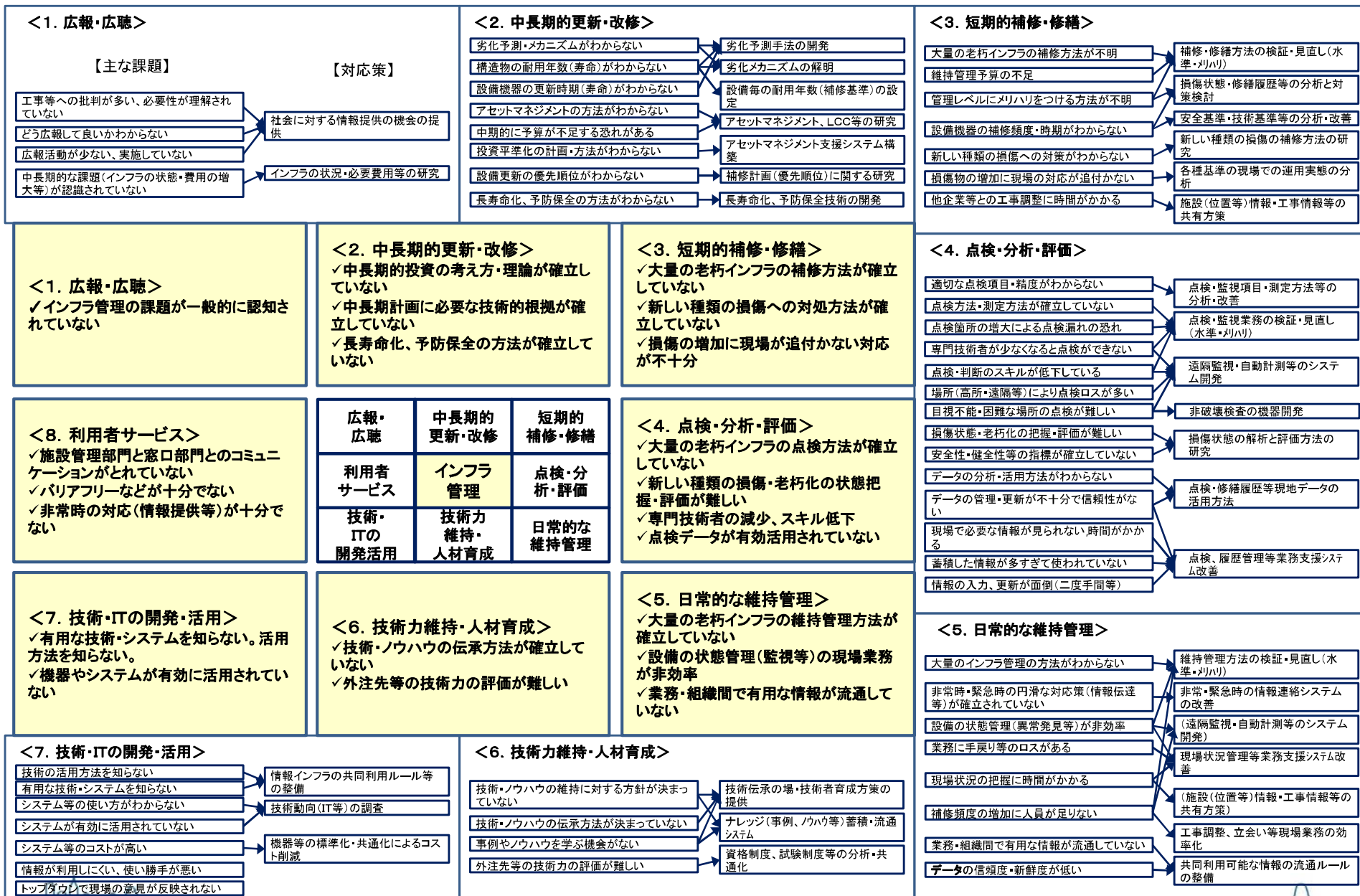
	調査 H21	分析 H22	実証 H23	改善・運用 H24~H25
講座研究	<p>＜Advanced Infrastructureのコンセプト＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・社会的課題の解決を新しいビジネスに コスト&CO2↓,安全・安心↑,事業創造,国際貢献 ・Advanced Infrastructure 実現のstep 1.経営方針の転換 → 2.ビジネスの創出 → 3.機能・役割の再定義 ・社会インフラ全体の最適化に向けて ・「情報技術によるインフラ高度化」施策体系 ・インフラ高度化のためのシステム全体設計 	<p>＜点検等現場業務の効率化＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検業務における共通事項の比較・分析: ①組織と役割②点検業務フロー③損傷評価基準 ④点検種別と点検方法⑤点検記録簿等 ・点検業務における情報技術の活用可能性 ①点検体制の充実・人材育成、②情報の有効活用、③現場作業の支援 ・バランス・スコアカード(参照モデル)と評価指標 ①BSC 戦略マップ②経営目標と評価指標 	<p>＜センシング情報等の有効活用＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサ等を活用したICTの先進事例 ・現場情報の活用の視点とICTによる対応策 ・点検等現場業務の将来像 ①点検員の現場作業の効率化②構造物特性を踏まえた点検方法の合理化③個別点検実施判断等技術的判断の支援④点検関連データの経営・マネジメントへの活用⑤常時監視(センサ等)設備の活用 ・点検データを用いたデータマイニング 	<p>＜現場情報の活用による点検等現場業務の効率化＞</p> <p>H24:点検関連データ分析 ①複数の視点からの点検着目点の抽出②劣化発生時期に着目した構造物の弱点の抽出③劣化に影響を与える外延要因の抽出</p> <p>H25:点検業務の効率化に向けた改善提案</p>



研究会	<p>インフラ・イノベーション研究会の企画・設置</p> <p>研究会の位置付け/考え方 目的,運営方針,活動内容,主催及び参加団体等</p>	<p>定例会開催: ①点検・維持管理等現場業務の効率化②技術力の維持と安全性の向上③効率的な施設運営④情報共有基盤の構築と活用⑤現実空間と情報空間の連携</p>	<p>定例会開催: ①現場作業の支援(作業、技術支援)②現場作業の支援(センサの活用)③情報の有効活用(蓄積・流通)④情報の有効活用(分析・加工)⑤点検体制の充実、人材育成</p>	<p>実践的な活動への展開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・定例会の開催 ・具体的な事業を題材とした、ニーズ・シーズマッチング
-----	---	--	--	---

インフラ管理に関する主な課題と対応策

ヒアリング等で抽出したインフラ管理に関する約130の業務課題を8業務に分類し、その課題解決に向けた33の対応策を提示



「情報技術によるインフラ高度化」施策体系

「業務－資源」のマトリクス上に33の対応策を配置し、**評価の高い対応策を中心に総合的な施策体系を構築**

	中長期的更新・改修	短期的補修・修繕	点検・分析・評価	維持管理
計画	✓アセットマネジメント、LCC等の研究 ✓補修計画(優先順位)に関する研究	✓補修・修繕方法の検証・見直し(水準・メハリ)	✓点検・監視業務の検証・見直し(水準・メハリ)(人と機械の分担等)	✓維持管理方法の検証・見直し(水準・メハリ)
人材組織	2)技術力の維持と安全性の向上		✓資格制度、試験制度等の分析・共通化	
ノウハウ基準	✓劣化予測方法の開発 ✓劣化メカニズムの解明 ✓設備毎の耐用年数(補修基準)の設定	✓状態・修繕履歴等の分析と対策検討 ✓安全基準・技術基準等の分析・改善 ✓各種基準の現場での運用実態の分析	✓(新しい種類の)損傷状態の解析と評価方法 ✓点検項目、測定方法等の分析・改善(マニュアル)	✓非常・緊急時の情報連絡システムの改善 ✓維持管理項目、確認方法等の分析・改善(マニュアル)
情報/IT	✓アセットマネジメントの支援システム構築 ✓技術動向(IT等)調査	✓点検・修繕履歴等の現地データの活用方法		
4)情報共有基盤の構築と活用	h 施設(位置等)情報共有システム/工事情報等の共有システム ✓情報インフラの共同利用ルール/共同利用可能な情報の流通ルールの整備			
技術開発	✓長寿命化、予防保全技術の開発	✓新しい種類の損傷の補修方法の研究	✓非破壊検査の機器開発	g.自動制御機器、システム等の開発

施策の概要

1)点検・維持管理等現場業務の効率化:現場業務で発生する情報の流れに着目した点検作業等の効率化と質の向上を実現する。(コア研究:業務改善支援スマートデバイス)

2)技術力の維持と安全性の向上:膨大な実績データ等の蓄積・解析による安全性の向上と技術力維持のメカニズムを構築する。(コア研究:社会基盤ナレッジクラウド)

3)効率的な施設運営:サービス水準やエネルギー消費等の計測・解析・制御による効率的な施設運営を実現する。(コア研究:ユビキタス・インテリジェント・ネットワーク)

4)情報共有基盤の構築と活用:各社が所有するインフラ情報を共有可能な情報基盤の仕組みと業務への活用を実現する。(コア研究:空間情報利活用ビジネスプラットフォーム)

5)現実空間と情報空間の連携:現実空間と情報空間を連携させた新しいサービスとそれを支える情報技術、ビジネスモデル等を実現する。(コア研究:e空間ビジネスモデル)

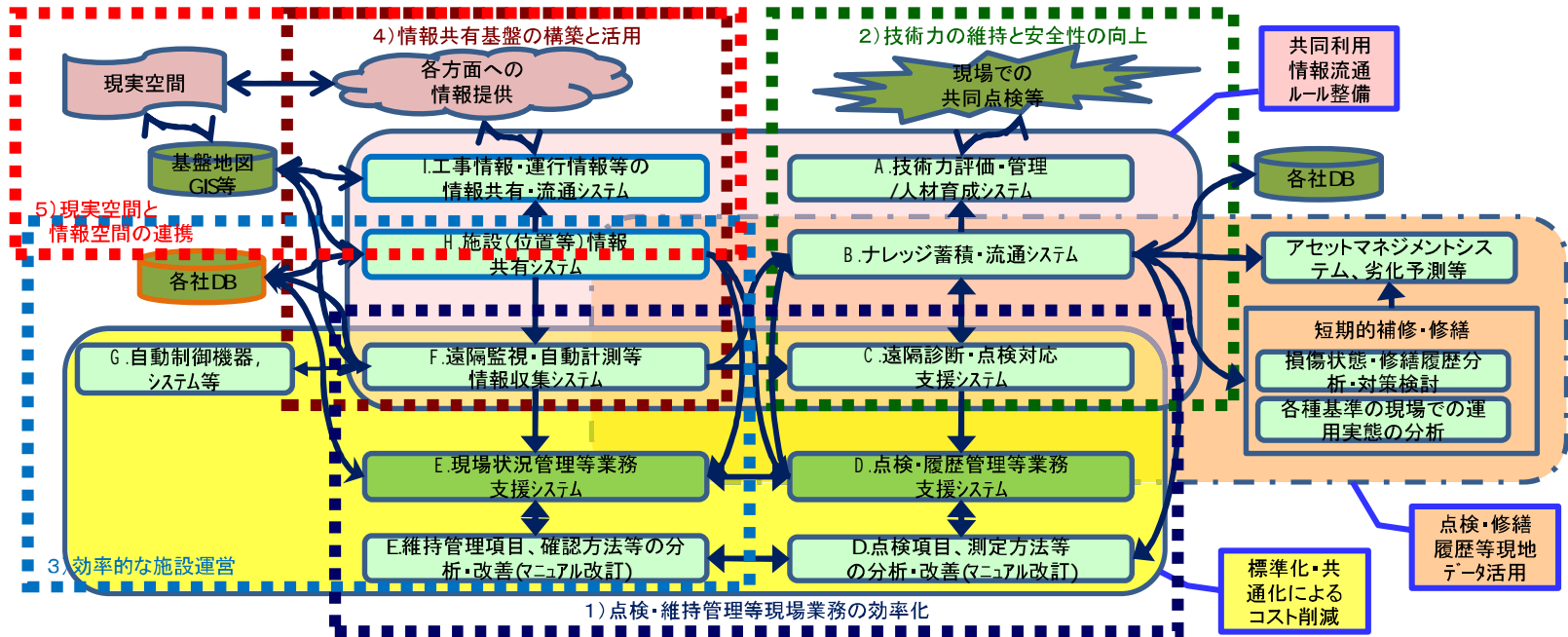
1)点検・維持管理等現場業務の効率化

3)効率的な施設運営

分類	対応策	重要	取組	情報	実践	連携	評価	分類	対応策	重要	取組	情報	実践	連携	評価	分類	対応策	重要	取組	情報	実践	連携	評価	
1	インフラの状況・必要費用等の明確化	8	5	×	○	○	○	3	補修・修繕方法の検証・見直し(水準・メハリ)	8	3	×	△	△	×	5	維持管理方法の検証・見直し(水準・メハリ)	8	3	△	○	△	△	
1	社会に対する情報提供の機会の提供	8	2	×	○	○	○	3	損傷状態・修繕履歴等の分析と対策検討	8	—	△	○	△	△	5	非常・緊急時の情報連絡システムの改善	6		△	△	△	×	
2	劣化予測方法の開発	9	2	×	△	△	×	3	安全基準・技術基準等の分析・改善	7	1	×	△	△	×	5	工事調整、立会い等の現場業務の効率化	—		△	○	○	×	
2	劣化メカニズムの解明	6	2	×	×	△	×	3	各種基準の現場での運用実態の分析	7	4	△	○	△	△	5	遠隔監視・自動計測等のシステム開発	9	5	○	○	○	○	
2	設備毎の耐用年数(補修基準)の設定	5	4	×	△	△	×	3	新しい種類の損傷の補修方法の研究	7	3	×	△	○	×	5	現場状況管理等業務支援システム改善	7	4	○	○	△	△	
2	アセットマネジメント、LCC等の研究	8	4	×	×	×	×	3	施設(位置等)情報、工事情報等の共有方策	8	1	○	○	○	○	5	共同利用可能な情報の流通ルールの整備	8	2	○	○	○	○	
2	アセットマネジメントの支援システム構築	5	3	△	×	×	×	4	点検・監視項目、測定方法等の分析・改善	8	4	△	○	△	△	6	技術伝承の場・技術者育成方策	9	2	△	○	△	△	
2	補修計画(優先順位)に関する研究	7	3	×	△	×	×	4	点検・監視業務の検証・見直し(水準・メハリ)	8	1	△	○	△	△	6	ナレッジ(事例、ノウハウ等)蓄積・流通システム	8	2	○	○	○	○	
2	長寿命化、予防保全技術の開発	9	3	×	△	△	×	4	非破壊検査等の機器開発	8	3	×	○	△	×	6	資格制度、試験制度等の分析・共通化	4	4	×	△	○	×	
(凡例)	重要:対応策の重要度を数値化								4	点検・履歴管理等業務支援システム改善	7	4	○	○	△	7	技術動向(IT等)の調査	6	3	○	×	×	×	
	取組:企業の取組状況を数値化								4	新しい種類の損傷状態の解析と評価方法	4	1	×	△	△	×	7	情報インフラの共同利用ルール等整備	5	2	○	○	○	×
	情報:情報技術が関連している								4	点検・修繕履歴等現地データの活用方法	8	3	○	○	○	○	7	機器等の標準化・共通化によるコスト削減	9	—	○	○	○	○
	実践:研究成果が実践的である																							
	連携:複数の主体が連携する																							

インフラ高度化のためのシステムの全体像

既存システムを考慮しつつ、「情報技術によるインフラ高度化」施策体系を具体化するシステムの全体像をデザイン



対応策	概要	対応策	概要
A. 技術力評価・管理/人材育成システム	維持管理・点検・評価・分析に必要な技術力を標準化し、ナレッジ蓄積・流通システム内データを整理する。同時に標準化された技術力獲得可能な学習シナリオを持つe-Learningシステム(ナレッジ蓄積・流通システムにマウント)を構築し、作業員の技術力を育成、管理する。	E. 現場状況管理等業務支援システム	現場業務で発生する課題の多くを占める情報の流れ(入手・加工・蓄積・伝達)に着目し、情報技術(ICタグ、PDA等)導入により現場業務効率化への支援方策を研究する。併せて、維持管理項目、確認方法等の分析・改善を研究する。
B. ナレッジ蓄積・流通システム	企業毎に異なる維持管理および点検データ構造を標準化し、流通可能な形式を定め、情報流通のためのプラットフォーム(データベースを含む)を構築する。このシステムは、位置、構造物、作業者、時間、状況などに関連性の高い情報の検索および分析ツールを含む。	F. 遠隔監視・自動計測等システム	点検出来ない箇所やしにくい箇所等の点検について、ITを活用した自動監視・データ計測方法を研究する。対象物を遠隔監視するカメラやセンサーを複数箇所設置し、画像や計測データを遠隔で集中監視、蓄積するシステムを開発する。
C. 遠隔診断・点検対応支援システム	点検結果の評価に対するセカンドオピニオンあるいは高度スキル保持者の診断を得るために、双方向動画配信可能な遠隔診断・点検対応支援システムを構築し、安全性の向上やコスト削減効果について検証する。	G. 自動制御機器、システム等	センサー等から得られるやサービス水準やエネルギー消費等の状況を計測・解析し、最適な状況に自動的に制御する機器、システム及びネットワークを研究する。
D. 点検・履歴管理等業務支援システム	技術者のスキルが必要となる目視点検において、技術者の判断・作業を支援するため、ITを活用した点検結果や対応履歴等を管理・活用する仕組みを研究する。併せて、点検項目、測定方法等の分析・改善を研究する。	H. 施設(位置等)情報共有システム	電子地図や道路基盤地図情報を利用し、各企業の保有する施設の位置情報を記載した電子地図の管理システムを構築し、企業間で共同利用するシステムを構築する。
		I. 工事情報等の情報共有、流通システム	工事情報や運行情報等を関係管理者で共有・流通することにより、施設情報システムと連携し、各社の施設の影響を確認できるシステムを構築する。

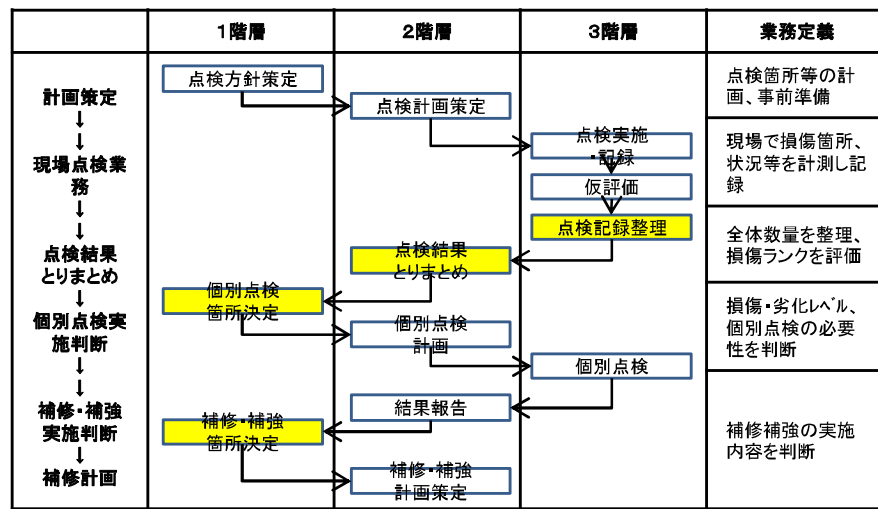
点検業務の制度的枠組み

国及び社会連携講座参加企業の点検マニュアル等を参考に点検業務の制度的枠組みを整理

各企業における点検種別の定義:点検業務は「日常点検＝構造物等の安全性を日常的に点検・確認する点検」と「定期点検＝構造物の変状(損傷)等を詳細に把握するために定期的に行う点検」、及びこれら以外の点検種別として「特別な状況時に実施する点検等(「特別点検」という)」に分類できる。

	定期点検	日常点検	特別点検
首都高速	近接目視や簡易な点検機器で構造物等の損傷等の状況を定期的に把握する「接近点検」が対象 頻度:1回/5年実施	車上から高速道路上や高架下を点検する「巡回点検」及び徒歩で高速道路上や高架下を点検する「徒歩点検」が対象 頻度:2~3回/週~1回/月(巡回)、2回/年~1回/5年(徒歩)	大地震、暴風雨時及び事故発生時等の臨時に実施する点検
東京地下鉄	構造物の変状等を抽出するために定期的に実施する「通常全般検査」が対象 頻度:1回/2年実施	通常全般検査で安全性を確認	災害による変状が発生した場合等、必要と判断された場合に行う検査
JR東日本			
東京電力	洞道の場合の「変状点検」が対象 頻度:1回/6~9年実施	地上の異常有無等について定期的に確認する「巡視」が対象 頻度:1回/6ヶ月以内	
NIT	定期点検 頻度:1回/5年以内実施	他の作業と並行した点検を行っている「日常点検」が対象	

点検業務フロー:点検計画策定から補修・補強計画策定までの一連の手順を「点検業務」と定義する。点検業務では、3段階で意思決定(点検結果とりまとめ、個別点検実施判断、補修・補強実施判断)が行われている。



点検マニュアル等の整理項目:「橋梁定期点検要領(案)(国土交通省)」をベースに点検内容を分類すると、概ね共通の項目で整理が可能(「整理項目」という)である。この整理に基づき、各企業の点検マニュアル等を分析し各項目の概要を定義した。

整理項目	項目の概要
点検種別	定期点検、日常点検等の点検の種別
点検頻度	点検種別による点検の頻度、回数等
点検箇所	点検対象構造物毎の点検する部位、部材等
損傷種類	構造物が健全な状態から性能が低下している理由
業務手順	点検を実施する際の業務の流れや具体的作業手順
点検体制	点検種別毎の点検に要する人員構成、スキルレベル
損傷評価基準	点検箇所における損傷種類毎の損傷の程度を示す評価基準
対策区分	損傷状況に応じた箇所、損傷種類毎の対策区分
点検方法	損傷種類に応じた点検方法(目視、打音等)及び必点検機器
記録(情報)	点検結果の記録の方法、様式
その他	各企業の特徴的な方法、技術等

点検マニュアル比較表(橋梁):各企業の点検マニュアルにおける「点検箇所」「損傷種類」に着目してマトリクスを作成し、共通性が高い損傷種類を「頻出7損傷」(腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、防食機能劣化、ひび割れ、剥離・鉄筋露出、変形・欠損)として整理した。

構造	部位	鋼構							コンクリート構造							
		腐食	亀裂	脱落	ゆるみ	破断	能劣化	防食機	振動	異常音	変形欠	ひび割	筋露出	剥離鉄	離石灰	漏水遊
上部構造	主桁	5	5	5	1	5	3	4	4	4	2	3	3			
	横桁	5	5	5	1	5	3	4	4	4	2	3	3			
	縦桁	5	5	5	1	5	3	4	4	4	2	3	3			
	床版	4	4	4	1	4	3	3	2	2	1	2	2			
	対傾鋼	4	4	4	1	4	3	3	0	0	0	0	0			
下部構造	横構	4	4	4	1	4	3	3	0	0	0	0	0			
	橋脚	2	3	2	1	3	2	2	4	4	2	3	3			
	橋台	0	1	0	0	0	0	0	4	5	2	3	3			
支承部		3	4	3	2	3	1	5	0	0	0	0	0			

点検業務における運営実態の比較・分析

点検業務に共通する項目について、各企業の業務分析、ヒアリング等から運営実態の比較・分析を実施

組織と役割: 点検に関する意思決定は、事業実施等の経営的意思決定と損傷の判定や予習・補強方法等の技術的意思決定に分類が可能。全ての企業において「意思決定(1階層)」「点検結果総括(2階層)」「現場検査(3階層)」の3階層で構成されている。

企業	組織	内部組織			グループ会社等
		本社	支社	現場	
首都高速	組織名称	本社	局		請負者
	経営	大規模のみ			
	技術				
東京地下鉄	組織名称	本社	事務所	区	グループ会社
	経営	大規模のみ			
	技術				
JR東日本	組織名称	本社	支社	センター	グループ会社
	経営	大規模のみ			
	技術				
東京電力	組織名称	本社	支社・支店		グループ会社
	経営				
	技術				
NTT	組織名称	本社	支店		グループ会社等
	経営				
	技術				

意思決定(1階層)
 点検結果総括(2階層)
 現場検査(3階層)

損傷評価基準: 各企業の損傷評価基準は、6段階に整理することで共通の尺度で比較できる。補修の必要性の観点からは、ランクⅠ～Ⅲの損傷への対応が重要。また、点検においては、判断の幅が大きいランクⅡ、Ⅲの評価が重要である。

評価	評価	首都高速		東京地下鉄、JR東日本		東京電力		NTT
		A	緊急	A	緊急	ランクA	即補修(3ヶ月以内目安)	
Ⅰ	緊急に対応	A	緊急	A	緊急	ランクA	即補修(3ヶ月以内目安)	施設毎に評価基準を設定
Ⅱ	早急に対応	B	1年以内着手	A1	早急	ランクB	補修(1年以内を目安)	
Ⅲ	必要な時期に対応		5年以内完了	A2	必要な時期に措置	ランクC	計画的に補修(3力年中計ベース)	
Ⅳ	監視が必要	C	次回点検時までOK	B	監視	ランクD	補修不要(必要に応じて簡易な手入れ)	
Ⅴ	次回点検時までOK			C	次回点検時までOK			
Ⅵ	異常なし	D	異常なし	S	なし			

各企業の点検方法の比較(定期点検): 全企業が、目視が最良の点検方法と認識しており、目視を中心に点検を実施している。経験者の目視は、目で見るだけでなく五感を使用して総合的に状況を捉えているため、目視を単純に情報技術に置き換えることは困難である。

	首都高速	東京地下鉄	JR東日本	東京電力	NTT	国土省
亀裂		✓目視 ✓ハンマー	✓目視 ✓双眼鏡			✓目視
ひび割れ	✓目視 ✓スケール ✓テストハンマー	✓コンパックス ✓ノギス ✓クラックゲージ	✓点検ハンマー ✓コンパックス	✓目視	✓目視	✓テストハンマー
腐食	✓クラックゲージ ✓野帳	✓目視	✓目視 ✓ノギス	✓目視	✓目視	✓目視 ✓ノギス
防食機能劣化	✓チョーク ✓黒板 ✓懐中電灯	✓目視	✓目視	✓目視	✓目視	✓目視 ✓テストハンマー
剥離・鉄筋露出	✓ヘッドランプ	✓目視 ✓ハンマー	✓目視 ✓双眼鏡 ✓ハンマー	✓目視 ✓ハンマー	✓目視 ✓ハンマー ✓スケール	✓目視 ✓写真

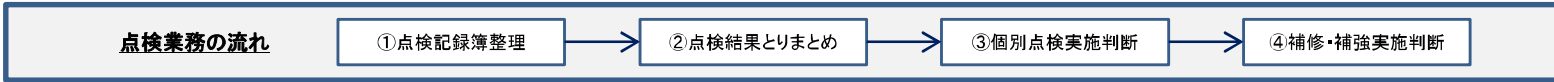
個別点検における使用機器と測定内容: 目視を中心とした「定期点検」において、一定の損傷が発見された場合には、損傷種類に応じ機器を使用した個別点検を実施し、詳細な損傷の程度や健全度を測定する。

点検方法	測定内容	分類	
		A	B
超音波系	超音波板厚計	○	
	超音波探傷試験	○	
電磁波系	超音波法		○
	電磁波レーダ	○	
電磁系	電磁誘導法	○	
	赤外線		○
電気系	自然電位法		○
	インピーダンス測定	○	
画像系	カメラ		○
	画像解析		○
音・振動系	反発度法		○
	その他		○
BMCシステム(耐荷力評価)	過流探傷試験		○
	磁粉探傷		○
	浸透探傷		○
コア採取系		○	

※分類は、測定内容が各企業の損傷評価基準と「A:一致しない」、「B:一致する」を示す損傷評価基準と一致する「B」の機器は、一定の条件を満たせば、定期点検にも応用可能と想定

点検業務で取り扱う情報

点検業務の流れに沿って、各プロセスで用いられる情報の内容と利用方法を整理



①点検記録簿情報

企業間で名称は異なるが、概ね同様の内容が記録されており、企業間に共通する情報の内容に分類できる。記録された情報は、単独ではなく、複数の情報がセット(情報群)で利用されており、5つの情報群に分類できる。

情報群	情報の内容	首都高速	東京地下鉄	JR東日本	東京電力	NTT
構造物ID	名称	○	○	○	○	○
	構造寸法	○		○	○	○
	竣工年月					○
点検体制	点検会社	○	○	—	○	○
	責任者		○	○		
	実施者	○	○	○		○
点検結果	点検実施日	○	○	○	○	○
	損傷部位	○		○		
	損傷種類	○	○	○	○	○
	損傷単位・数量	○		○		
損傷評価	損傷評価ランク	○	○	○	○	○
視覚情報	損傷写真	○		○	○	○
	損傷スケッチ	○	○	○	○	○

②点検結果とりまとめ情報

点検結果とりまとめ情報は、現場点検記録簿の情報を加工・集計し、ある一定の区間・組織単位で情報群をとりまとめている。各企業の評価指標と密接に関連しているため、企業の考え方・目的に応じて様々な角度から集計・分析を行っている。

使用情報	情報の加工方法	関連する評価指標(想定)		
		経営	マネジメント	現場
構造物ID	名称	橋梁種別毎、構造物毎、とう道・洞道単位		
	構造寸法、竣工年月	エリア別施設経年数(老朽化進行度)		
点検体制	点検会社責任者等	—	箇所当り必要人員	点検時間
	損傷部位	延長当り損傷箇所数	点検項目数	—
点検結果	損傷種類	—	損傷種類別箇所数	
	損傷単位・数量	重大損傷率	損傷基準別施設数	
損傷評価	損傷評価ランク	区間別、構造物別損傷数	—	
視覚情報	損傷図面・スケッチ	—(1径間毎、洞道単位、筋金単位、変状毎の評価ランクの根拠)		
	損傷写真	—(個々の損傷箇所の評価ランクの根拠)		

	首都高速	東京地下鉄	JR東日本	東京電力	NTT
対象構造物データ	・対象構造物諸元	・対象構造物諸元	・対象構造物諸元	・構造物位置図 ・対象構造物諸元	・対象構造物諸元
過去の点検結果	・定期点検結果	・過去の点検結果	・過去の点検結果	・過去の点検結果	・過去の点検結果
実施費用	・使用しない	・個別点検費用 ・予算計画書	・予算計画書	・個別点検費用 ・予算計画書	・個別点検費用
点検者考察	・使用しない	・個別点検方法 ・補修方法	・個別点検方法	・劣化要因の考察 ・対応方法	・補修・補強範囲
その他	鋼構造物の疲労損傷のみ			・土質データ	
個別点検実施結果	・定期点検結果 ・個別点検結果	・調査報告書	・調査報告書	・耐力評価結果	・調査報告書
外部情報	・社外専門家への相談もある	・社外専門家への相談	・社外専門家への相談	・必要に応じ有識者の情報	(特になし)
実施費用	使用しない	・補修・補強費用 ・予算計画書	・補修・補強費用 ・予算計画書	・補修・補強費用 ・予算計画書	・補修・補強費用 ・予算計画書
補修・補強方針	・社内マニュアル	・調査報告書 ・社内マニュアル	・社内マニュアル	・社内マニュアル参照文書	・社内マニュアル ・個別検討

過去の点検計画、点検必要箇所、過去の点検実績等を点検計画の策定に反映

③個別点検実施判断情報

個別点検実施判断情報は、現場点検記録簿及び点検結果とりまとめ情報に加え、「対象構造物」「過去点検結果」「実施費用」「点検者考察」等の情報が追加される。「過去の点検結果」情報では、損傷評価判断の横並び、優先順位の線引きを目的に、損傷の進捗合い等に注目した統計的分析を行っている。

④補修・補強実施判断情報

補修・補強実施判断情報は、個別点検実施判断情報に加え、「個別点検実施結果」「外部情報」「実施費用」「補修・補強方針」等の情報が追加される。この段階では、具体的な補修・補強方法や必要な費用の妥当性を判断するため、外部情報や過去の事例を参考にして最終的な判断を行っている。外部情報では、外部の専門家のアドバイスや他社の事例等、点検結果だけでなく総合的な情報が必要となる。

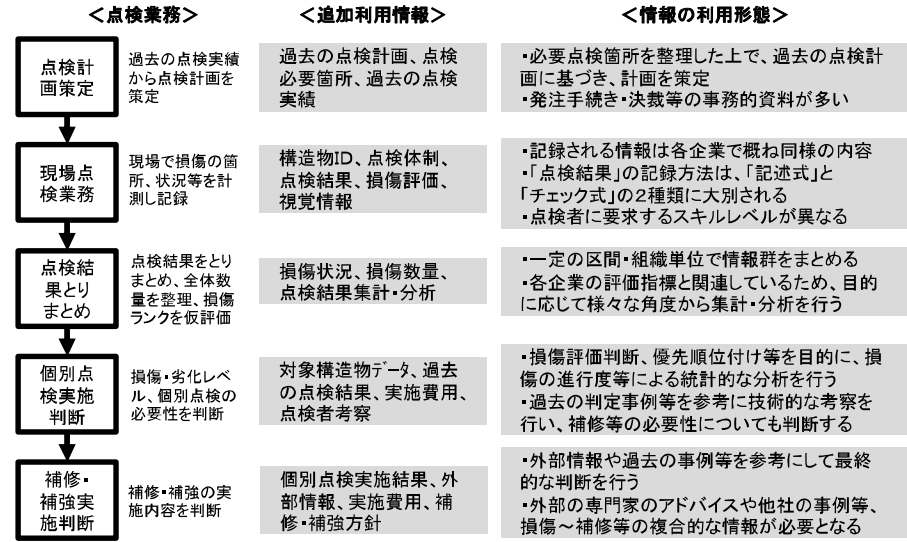
損傷箇所の補修・補強を実施。施工内容を施設管理DBIに記録

点検業務における情報技術の活用可能性

点検業務における情報技術の活用可能性を、「情報の有効活用」、「現場作業の支援」の2つの視点から整理

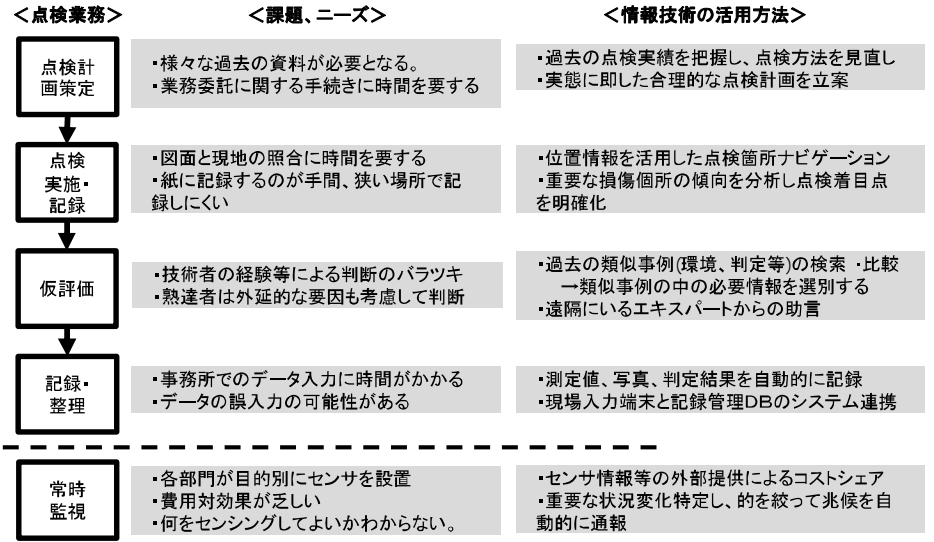
情報の有効活用

- ◆ 点検業務は、意思決定の各過程において、現場で記録する現場点検記録簿の情報と前段階の情報を基に、判断に必要な情報を追加し組み合わせて意思決定を行っている。
- ◆ 判断に必要な情報は、意思決定の段階が進むにつれて、より詳細で専門性が高くなる。



現場作業の支援

- ◆ 現場作業では、情報技術の可能性として、現場技術者の作業を支援する技術及び技術的な判定を支援する技術に大別できる



- ◆ 情報の蓄積・流通: 企業間を超えて情報を流通させることで技術者の判断支援を図る
- ◆ 情報の分析・加工: 現在ある情報を有効に活用するため、データマイニング等により分析・加工し、点検方法の効率化を図る

- ◆ 作業支援: ICタグ、AR等による現場端末の高度化、センサ等による自動計測等により点検作業の効率化を図る
- ◆ 技術支援: 端末高度化、遠隔支援等により判定支援を行い安全性の向上を図る

	情報の蓄積・流通	情報の分析・加工
現状・課題	<ul style="list-style-type: none"> 過去の点検・補修結果の情報が十分に活用されていない 個人の経験に基づいた情報が多く、他の技術者への引継が難しい 参考事例等の外部情報の収集に時間を要する 	<ul style="list-style-type: none"> 過去の点検・補修結果の情報が十分に活用されていない 企業の考え方や目的に応じて様々な角度から集計・分析を行っている。 標準的な指標がないため比較・分析できない。
情報技術の可能性	<ul style="list-style-type: none"> 企業毎に異なる維持管理および点検データ構造を標準化し、流通可能な形式を定め、情報流通のためのプラットフォーム(データベースを含む)を構築する ネットワーク技術を利用して、企業間で連携した経験知や知識の記録、社内外での多種多様な情報の共有、技術者間の連携強化を図り、様々な技術情報の蓄積・共有の強化を図る 	<ul style="list-style-type: none"> 過去の点検結果を分析することで、重要な損傷箇所の傾向等を特定し、スキルレベルの低い技術者でも可能な点検方法・記録方法とする 点検結果の写真・テキスト等を分析し、損傷の進行の予測精度、判断の正確性を向上する。 類似事例検索等の機能により過去の判定事例等を参照することで技術的な判断の支援を行う 各企業の点検結果の加工・修正の方法を比較することで、経営指標や現場のマネジメント指標の学習につながる

	作業支援	技術支援
現状・課題	<ul style="list-style-type: none"> 点検図面と現地の照合に時間を要する。 現場で点検結果を記録するのに手間がかかる。 点検しにくい箇所の点検に時間がかかる。 事務所で記録簿を整理するのに時間がかかる誤記入の恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> スキルを持った技術者が減少していく。 目視点検は技術者の経験等によるばらつきがあるため、複数技術者の確認でカバーしている 技術者のスキルにより判断にばらつきが生じる 何をセンシングしてよいかわからない
情報技術の可能性	<ul style="list-style-type: none"> ICタグやAR技術等により、損傷位置の発見や図面の照合作業等の作業時間を短縮する。 PC等の活用により過去の点検結果図面等の携行が不要となり、機動性が向上する。 PDA等の点検結果入力システムの導入により、入力作業の簡素化、誤記入の防止を図る。 点検しにくい箇所に自動計測機器を導入し、異常の早期発見、予測精度の向上を図る。 現状の定期点検と新たな計測方法の組み合わせにより、点検業務のメリハリ・簡素化を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> PDA、AR(拡張現実技術)等により、現地において他の類似事例等を参照可能とすることで、判断のバラツキを抑える。 遠隔診断可能事業を設定することで、スキルの低い技術者に遠隔地から判定支援を行う。 熟達者の保有している経験知、各種センシング情報等の関連性を分析し、センシング情報を活用した現場点検業務の技術支援の仕組みを構築する。

・検索エンジン／高速大容量DB／情報流通基盤

・マイニング／画像・音声解析

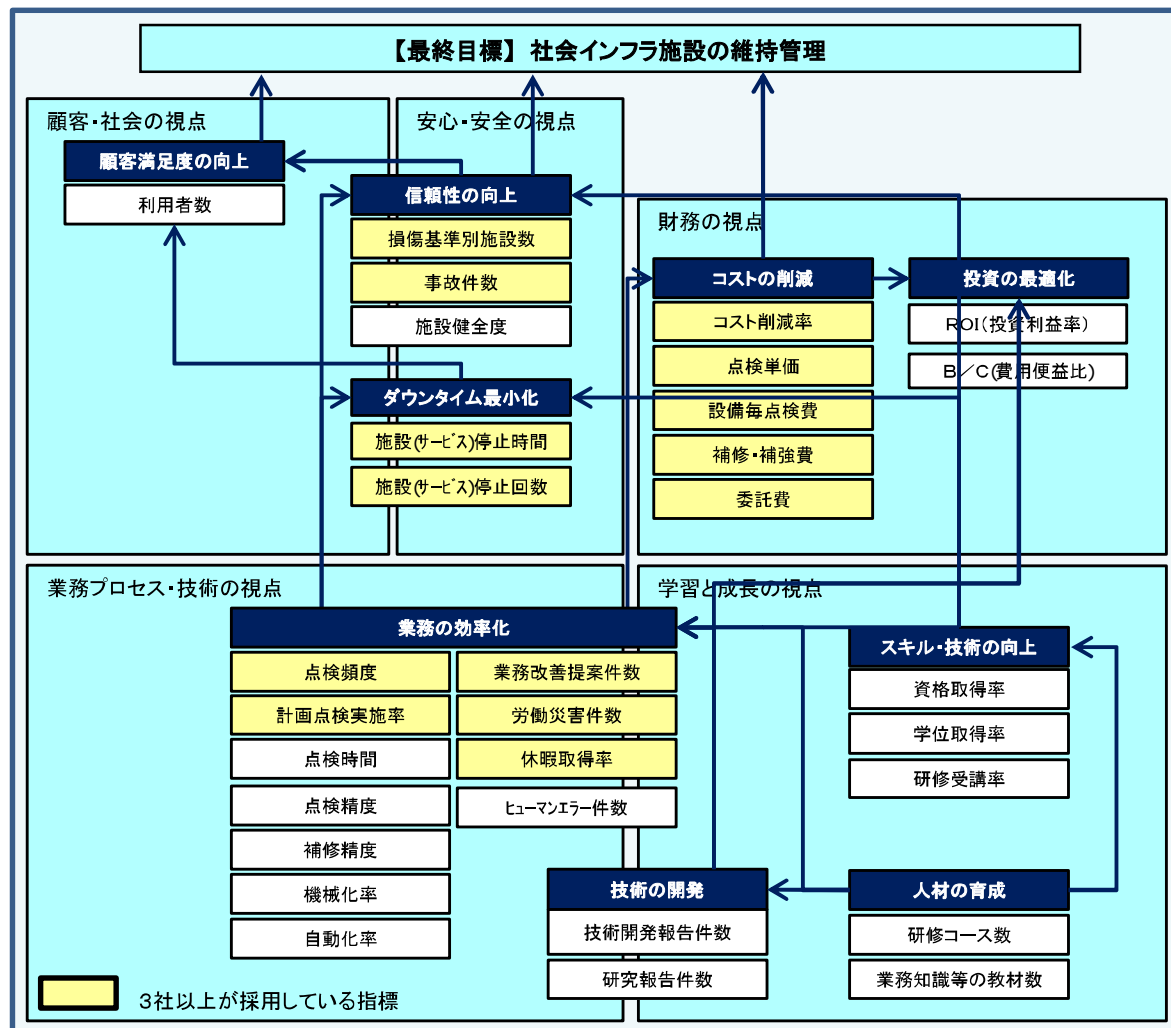
IF・AR等端末高度化／センサ／高速通信

IF・AR等端末高度化／遠隔支援

バランス・スコアカード(参照モデル)と評価指標

経営目標と評価指標の関係性を整理することで、現場情報を経営・マネジメントに活用することが可能となる

- ✓ インフラの維持管理では「財務」、「顧客・社会」、「業務プロセス」、「学習と成長」の視点に「安全・安心」を追加
- ✓ 各評価指標について各企業での利用実態を調査し一般的と思われる内容を定義(例)として示す。
- ✓ 評価指標をモニタリングすることで施策による効果が把握できる。また、複数の企業に共通する指標を用いれば各社間のベンチマークが可能となる。(ここでは、3企業以上において利用されている14指標を抽出した。)



評価指標	定義(例)
損傷基準別施設数	損傷基準のレベル毎の施設数(箇所)
事故件数	サービス提供に支障が出る事故件数(件)
施設(サービス)停止時間	設備・サービスの停止時間(分)
施設(サービス)障回数	設備・サービスの故障回数(回)
コスト削減率	点検費用のコスト削減率(前回/今回)(%)
点検単価	点検単価(円)
設備毎点検費	設備ごとの点検費用(円)
補修・補強費	一箇所あたりの補修・補強費用(円)
委託費	点検に関する委託費用(円)
点検頻度	一箇所あたりの点検頻度(回/年)
計画点検実施率	計画に対する点検実施率(%)
業務改善提案件数	業務改善提案件数(件)
労働災害件数	点検における事故発生件数(件)
休暇取得率	休暇取得率(取得/付与)(%)
利用者数	サービスの利用者数(人)
施設健全度	ランクⅠ～Ⅲの割合(%)
ROI(投資利益率)	利益/投資額(%)
B/C(費用便益比)	便益/費用
点検時間	一箇所あたりの点検時間(分)
点検精度	点検結果と予後の一致率(%)
補修精度	補修後の健全度(%)
機械化率	機械支援作業/全作業(%)
自動化率	自動化作業/全作業(%)
ヒューマンエラー件数	人為的ミスが原因のトラブル件数(件)
技術開発報告件数	技術開発に関する報告書数(件)
研究報告件数	研究に関する報告書数(件)
資格取得率	資格A取得者数/技術者数(%)
学位取得率	学位取得者数/技術者数(%)
研修受講率	研修受講者数/研修受講対象者数(%)
研修コース数	点検に関する研修コース数(コース)
業務知識等の教材数	業務知識やノウハウに関する教材数(個)

注)本研究で提示するバランス・スコアカード(参照モデル)は、社会連携講座参加企業とのワークショップを通じて提示された経営目標と評価指標を基に、東京大学が全体のバランスを考慮して作成したものである。

センサ等を活用したICTの先進事例～取得・流通・蓄積・応用～

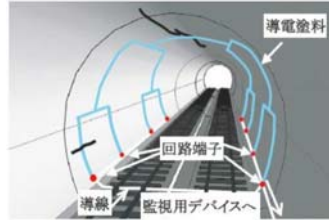
センサ等を活用したICTの先進的な活用事例を、情報の取得・流通・蓄積・応用の視点から整理

<A. 取得:センサ・センシング方式>

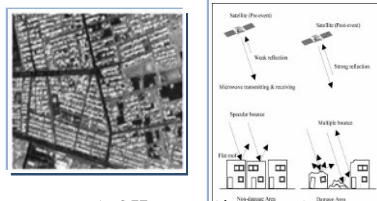
センサ・センシング方式に関する研究事例

表:計測方式の類別年表(矢部ら、2006)

方式	手動	半自動	全自動
世代	第1世代	第2、3世代	第4、5、6世代
導入年代	1950年代～	第2、3世代:1950年代～ 第3世代:1980年代後半～	第4、5:1980年代後半～ 第6世代:1990年代後半～
概要	計測機器を現場に持ち込んで測定作業を行う方式。測定データが印字された記録紙を回収する方式も含む。	現場にセンサおよびデータロガーを設置して、一定期間データを現場に蓄え、定期的にデータを回収する方法。	センサデータをデータロガーにより収録するとともに、遠隔地から通信設備を介して即時的に収集する方法。
データの集約度	観測員の派遣時のみの記録。(間欠的データ、一部記録データを含む)	蓄えたデータを一定期間毎に収集することにより、連続したデータを確保可能。(連続データ)	遠隔監視所で即時的にデータを収集し、表示・記録・蓄積することが可能。(連続+即時データ)
省力化の程度	観測員の労力が大。	若下の観測員の労力が必要。	省力化が実現
機器コスト	安価である。	データ収集装置に費用がかかる。	通信設備を含め導入コストが高い。
データ単価	高価	中間的価格	安価
データ活用の利便性	観測からグラフ化までの時間を要し、観測結果を踏まえた測定対象の総合把握まで時間を要する。	データ収集までに時間を要し、即時性に欠ける。	即時的にグラフ化が可能であり、迅速な把握と解析作業が実現。
適応性	小規模な観測や保全対象の重要度が低い場合など	即時性の必要はないが、観測対象を連続的に把握する場合。	大規模な観測、即時性が必要な場合、あるいは保全対象の重要度が高い場合。



導電塗料を用いたトンネル内び割れセンシング(矢部ら、2006)

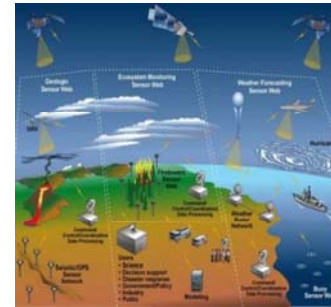


SAR(合成開口)レーダーを用いた構造物センシング(Matsukuraら、2004)

<B. 流通:センサおよびセンサネットワーク>

センサネットワーク研究

■ Sensor Web (Kevin Delin, NASA, 1997)



センサネットワーク研究の原点となった提案: Sensor Web

1990年代末頃に提案されたSensor WebやSmart Dustといったコンセプトにより、センサネットワークの研究は開花した。以来、環境モニタリングなどの取り組みやすい研究課題を端緒とし、医療、災害、セキュリティ等の実用的なセンサモニタリング技術を対象としながら、技術が進歩した。

センサネットワークの要素技術

1. センサノード

センサ技術、プロセッサ技術

- ・多様な使用目的に対応する高感度化、認識率向上、自己メンテナンス、耐環境、小型化

電源

- ・電源の効率化、省消費電力化

無線技術

- ・センサノード間の無線方式、相互干渉、無駄な電力使用の防止

2. ネットワーク

センサノード制御

- ・センサノード位置検出、センサ同期、最適ノード配置、大規模ノード管理

ネットワーク制御

- ・無線制御、アドホックマルチホップ技術

3. 上位アプリケーション

ミドルウェア

- ・センシングデータ処理、データ保管、マイニング、セキュリティ

システム運用

- ・ノード管理、遠隔保守運用

アプリケーション開発

- ・アプリケーションの開発環境、アプリケーション同士の連携

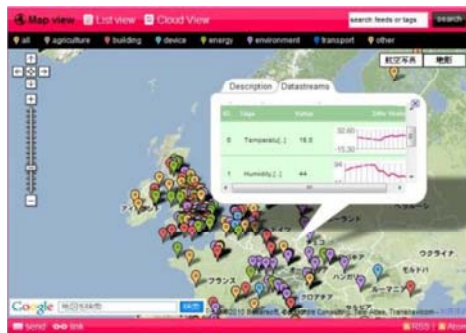
センサネットワークにおける要素技術・研究課題

引用: 総務省、ユビキタスセンサネットワークの実現に向けて～最終報告(2010)

<C. 蓄積:汎用センサプラットフォーム>

汎用センサプラットフォームの代表例

■ Patchube (2009)



Patchubeのweb表示例

ユーザが、世界各地で登録したセンサデータをweb上で簡単に閲覧することができる。
Patchube対応のセンサが発売もされており、センサを買ってればすぐにセンサデータを提供することも可能。このように、センサデータを共有しようとする考え方が近年における汎用センサプラットフォームにおいて広がっている。

一般ユーザにより開発されたPatchube対応のアプリケーションの例

センサデータインプット用 (一例を抜粋)

- ・Data Logger
i-phoneアプリ。i-phone上でfeedの登録やグラフの確認が可能
- ・PachTweet
Twitterからのダイレクトメッセージ(数字、文章)をfeedに送ることが可能
- ・CurrentCost2Patchube
CurrentCostと呼ばれる電気使用量を測る機器を取り付けることで、feedに送ることが可能

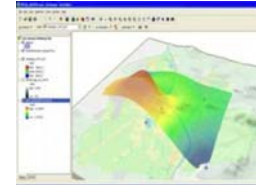
センサデータアウトプット用 (一例を抜粋)

- ・Patchube viewer
Android端末用のPatchubeビューア
- ・PachuBlog
ブログやウェブサイトに、feedのグラフデータを貼り付けられる
- ・PachuDial
センサデータをダイヤル状のガジェットとしてブログなどに貼り付け
- ・Patchube2SketchUp
FeedのデータをSketchUp(Googleのドローンソフト)にリアルタイム表示
- ・Trails
位置とデータの変化を地図上に表示したものを、ブログなどに貼り付け可能
- ・Earth Browser
Google Earth上にfeed情報を表示

<D. 応用:可視化>

地図上における三次元的なデータ表示例

■ Live Geography, MIT SENSEable city Lab. 2009.



センサデータの表示例

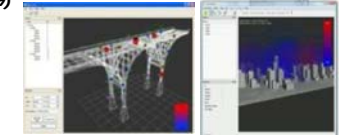


Live Geographyの処理の流れ

※引用: A GIS-based tool for storage, selection and visualization of time series 4D marine datasets Visualisation of Sensor Data from Animal Movement

三次元構造モデル上におけるセンサデータ表示例

■ Sensor Explorer (the ubiquitous computing group, 2009)



センサ値を構造物の三次元モデル上に表示した例

※引用: <http://www.ubicomp.nileu.edu.eg/index.html> (viewed 2012/3/11)



センサ値を都市の三次元モデル上に表示した例

※引用: Integration and Visualization of dynamic Sensor Data into 3D Spatial Data Infrastructures in a standardized way (Alexander Zipf et al., 2009)

インフラ分野におけるセンサ等を活用した先進事例

モニタリングにおける既存の取り組み

● **構造物モニタリングの研究は、おおまかに以下の4つに分類することができる。**(参照: Charles R. Farrar and Keith Worden, "An introduction to structural health monitoring", Phil. Trans. R. Soc. A, 365, pp. 303-315, 2007.)

- **非破壊評価 (Non-Destructive Evaluation: NDE)**
構造物モニタリングのためのセンサ自体の研究や計測手法に関する研究。
- **状態モニタリング (Condition Monitoring: CM)**
構造物の観測に関して、常時観測 (リアルタイムモニタリング) や遠隔観測 (リモートセンシング) 等の研究。
- **損傷/劣化予測 (Damage Prognosis: DP)**
構造物の損傷や劣化をセンサパターン等から推定する研究。
- **確率統計的工程管理 (Statistical Process Control: SPC)**
構造物モニタリングでは、構造物のメンテナンスを行うタイミングを最適化するために、センシングデータと構造物メンテナンス実績との間の因果関係を確率統計的に分析するなどの研究。

● **応用事例としては、航空機等の移動体構造物のモニタリング/メンテナンスや、道路/橋梁/ビルディング等のモニタリング/メンテナンスに関する事例が数多く存在する。**

- **構造物モニタリング:** Illinois Structural Health Monitoring Project (ISHMP)
- **センサ/ネットワーク:** UECS (Ubiquitous Environment Control System) / Field Server
- **リアルタイムモニタリング制御:** SUPREME (シュープリーム、東京ガス)

➡ **診断支援、データ分析による、新しい知見・外延要因の抽出**

センサネットワーク研究をベースとし構造物モニタリング

● **Illinois Structural Health Monitoring Project (ISHMP)**

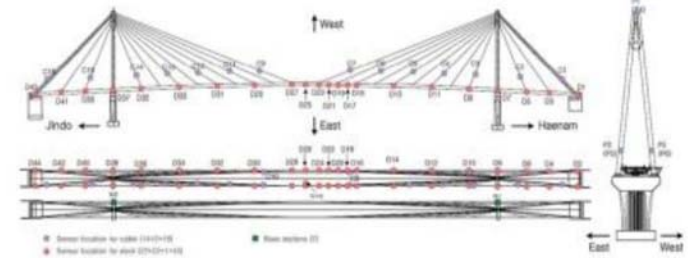
米国イリノイ大学を中心とした研究開発チームにより研究開発され、2002年から運用が開始された橋梁モニタリングシステム。センサネットワーク研究が実用化された代表的な例。ワイヤレスセンサでリアルタイムに橋梁を観測したセンサデータのモニタリングが可能となっている。



対象とする橋梁



開発されたセンサノード



センサの配置

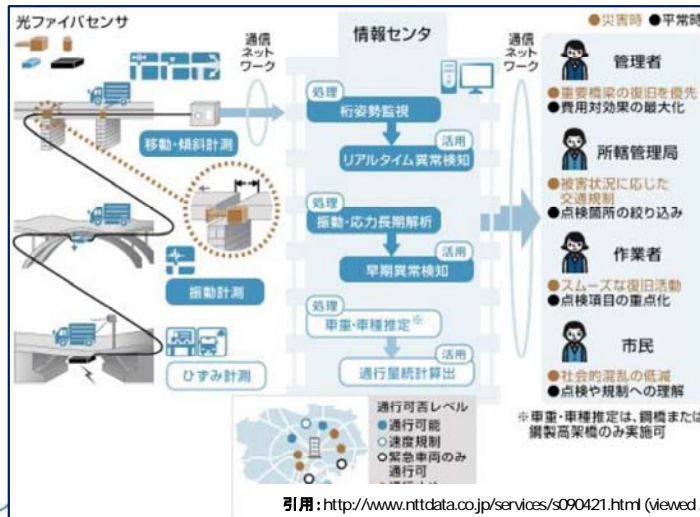
この他にも、橋梁を対象としたモニタリングの実用化事例は多数存在する。

- Wind and Structural Health Monitoring System (WASH-MS) (香港)
- Rio-Antirrio橋 (ギリシャ)
- ミヨウ高架橋 (フランス)
- Fatih Sultan Mehmet橋 (トルコ)

自動的に通報等を行うネットワークを包括した橋梁モニタリングシステム

● **BRIMOS (首都高速、NTTデータ、東工大)**

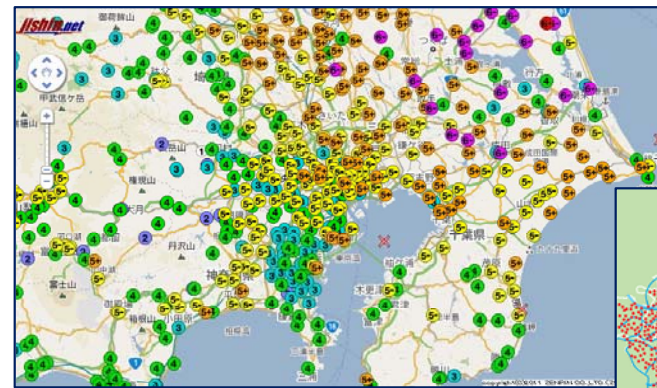
センサによる常時監視技術をベースに、収集したデータから、損傷状況を判定し、いちはやい修復等の対応に活かすことができるシステム。橋桁や橋脚の姿勢および振動を長期継続監視し、橋梁劣化の早期発見や、災害時のリアルタイム異常検知、平常時の早期異常把握を実現。



◆地震等の振動を検知するセンサ~アクチュエータを含むシステム

● **超高密度リアルタイム地震防災システム (SUPREME) (東京ガス)**

東京ガスの供給エリアで、約4000ヶ所の地区ガバナ (整圧所) 全てに地震センサーを設置。地区ガバナの自動しゃ断装置と連動させ、設定したSI値を感じると自動的にガスをしゃ断する。従来、作業員が個々の地区ガバナに向向き、ガスの供給を停止しており、大規模地震時には、停止作業に40時間程度かかると想定されていた。SUPREMEの導入により、わずか**15分に短縮**された。



地震センサ (SIセンサ)

- 地震の基本情報 (地震名、検知時刻、震度、マグニチュード など)
- 観測情報 (観測点名、SI値、震度相当値、GAL値)
- 地図情報 (震度分布図、液状化分布図など)

引用: <http://eee.tokyo-gas.co.jp/safety/jishin.html>, <http://www.jishin.net/point.html>

地震センサの配置箇所 (赤い点)

ICTの技術分野と収集データの有効活用

収集データを活用した様々な取り組みが行われている。最近では、利用可能なオープンデータも多い。

<E. 診断支援>

①エキスパートシステム

「～ならば・・・である」といった熟練者の論理的記述が可能な判断を抽出し、形式化する、人工知能技術の産業応用事例。代表的な応用事例は、医療診断における医師の暗黙知の抽出、大規模システムにおける呼称診断等

②機械学習/パターン認識

入力となる多次元データを多次元空間で分割し判定する機能。代表的な応用事例は、カメラ等の顔認識、検索エンジンのパターン学習、スパムメール検出基準の学習、金融市場の変動予測、音声認識のパターン認識等

③統計分析

ログ分析や検索などの一部の大量データを対象とした基礎的な分析で多く活用される。代表的な応用事例は、強調フィルタリングを活用した推薦、ベイズ統計/ベイジアンネットワーク等を活用したヒヤリハットパターン分析等

<F. データ分析>

①データマイニング

暗黙的に集められたデータ群から意味のある情報を取り出す技術。データベースシステムが普及してから、実用的なデータ分析パラダイムとして広く応用例に適用されるようになった。

②ビジネスインテリジェンス(BI: Business Intelligence)

データマイニングやデータ分析等のデータの取り扱いに関するコンピューティング技術を用い、ビジネスに関するデータ分析等を実施する。主要なアプリケーションは、統計分析、データマイニング、プロセスマイニング、ビジネスパフォーマンスの管理、テキストマイニング、予測分析等。

③ビッグデータ/分散データベース分析

通常のデータベースシステムで取り扱いが困難な量のデータのこと、そうしたデータを分析する手法/システム。代表的な事例: Google, Yahoo, e-bay, Google BigQuery Service, 気象分析, ゲノミクス

各層の業務に対応したICTの技術分野

	意志決定層	マネジメント層	現場層
ICTによる貢献が可能な対象	経営分析/最適化 経営判断支援	損傷/劣化予測 確率統計的工程管理 診断暗黙知の抽出	常時監視/遠隔監視 新しいセンシング手法
ICTによる貢献が可能なアプローチ			A. センサ・センシング方式 B. センサネットワーク C. 汎用センサプラットフォーム D. 可視化 E. 診断支援 F. データ分析
センサデータ～業務データの横断的分析 ソーシャルメディア型/マッシュアップ型B1			

研究 or 実用化事例有り

未達成/未開拓なテーマ

各企業におけるセンシング等の現状

■各企業では、構造物の維持管理以外でも様々な情報をセンシングしている。

■センシング対象の視点から4つに分類

・資産状態情報: 橋梁、トンネル等の自己保有資産の変状等を測定している情報(例: ひずみ、きれつ、腐食等)

・環境情報: 自然等の外部環境を測定している情報(例: 気象、地震、地盤等)

・オペレーション情報: 企業の本来業務(道路管理、運行管理等)を管理していく上で測定している情報

・施工情報: 構造物等の施工時の変化・影響等を測定する情報(例: 挙動、沈下量、変位等)

センシング対象	対象物等	主な測定内容	利用企業			
			A	B	C	D
資産状態	橋梁	ひずみ	○	○	○	○
		変位	○	○	○	○
		きれつ・ひび割れ	○	○	○	○
	トンネル	さび・腐食	○	○	○	○
		塗膜厚さ・劣化状態	○	○	○	○
		剝離・鉄筋露出	○	○	○	○
マンホール	変位	○	○	○	○	
	剝離・鉄筋露出	○	○	○	○	
	地盤変位	○	○	○	○	
環境	自然環境	地震	○	○	○	○
		気温	○	○	○	○
		雨量(雪含む)	○	○	○	○
	人工	風向・風速	○	○	○	○
		振動	○	○	○	○
		騒音	○	○	○	○
管理対象物(オペレーション)	道路管理	交通量	○	○	○	○
		速度	○	○	○	○
		軸重	○	○	○	○
	鉄道管理(車両)	車重	○	○	○	○
		速度	○	○	○	○
		車内温度	○	○	○	○
鉄道管理(軌道)	軌道変位	○	○	○	○	
	旅客数	○	○	○	○	
	不要者監視	○	○	○	○	
施工	掘削・トンネル等	腕線	○	○	○	○
		陥切	○	○	○	○

企業が保有するセンサデータ/業務データの横断的分析による新しい可能性

利用可能なオープンデータ

	情報の種類	管理の状況	管理者
ストック系	①気象情報(雨・風・気温・日照時間等)	・観測所毎の数値をHP上で公開(http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html)	気象庁
	②地震情報(震度、震源)	・1926年から2日前(※)までの有感地震の震源と全国の各地の震度を公開(http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html)	気象庁
	③河川情報等(水位・雨量・流量等)	・観測所毎に数値をHP(水文・水質DB)上で公開(http://www1.river.go.jp/)	水管理・国土保全局
	④地質情報	・kunjibanとしてボーリング柱状図をHPで公開(xml)(http://www.kunjiban.pwri.go.jp/jp/service.html?pos=)	(独)土木研究所
	⑤基盤地図情報	・HPで公開(http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html) ・JPGISがベース (1/2500、1/25000、数値標高モデル等)	国土地理院
	⑥国土数値情報(地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道等)	・国土数値情報としてHPで公開(http://nlfto.mlit.go.jp/ksj/) ・ベクトル、メッシュ化データ多数、JPGIS準拠データあり	国土政策局
リアルタイム系	①気象情報(レーダ雨量、アメダス等)	・HPで配信(レーダ降水ナウキャスト等)(http://www.jma.go.jp/jma/menu/flash.html)	気象庁
	②河川情報(水位、雨量、流量等)	・HPで配信(川の防災情報)(http://www.river.go.jp/)	水管理・国土保全局
	③気象情報全般(地震含む)	・数値情報の配信サービス(有料)(http://www.jmbc.or.jp/hp/online/f-online0.html)	(財)気象業務支援センター
	④交通情報(渋滞、事故・規制情報等)	・配信サービス(有料)(http://www.jartic.or.jp/)	(財)日本道路交通情報センター
民間サービス	高密度環境センサーネットワーク事業	・全国9000か所(目標)に気象観測センサーを設置。配信(有料)	NTTドコモ
	高密度地震情報配信サービス	・供給エリア内約4000か所に地震計を設置。観測データの配信サービスを実施(有料)	東京ガス
	気象情報提供(予測含む)サービス	主に気象業務支援センターの情報を活用し、事業者や個人にデータの加工を行ったうえで配信(有料)	気象協会・ウェザーニューズ等

現場データの活用に関するプレスタディ(データマイニング)

プレスタディの位置付け

<プレスタディの目的>

環境情報等のセンシング情報等と点検関連情報との関連をマイニングの手法を用いて分析することにより、劣化現象や劣化に影響を及ぼす外延要因等を推定することが可能と思われるため、H24～25年度研究のプレスタディとして、各企業から提供されたサンプルデータによるマイニングを実施し、研究の妥当性を検証するとともに次年度以降の研究計画立案の参考とする。

<プレスタディの進め方>

使用する分析ツールは、DATAFRONT(日立製作所)として、日立製作所が実施する。年度内に各企業のご意見等を踏まえたプレスタディを複数回実施し、連携講座において、出力結果の内容・考察等についての議論を行う。次年度以降の詳細分析にあたり、傾向や感触を概略に把握し、各企業の分析のターゲットを絞る。

表:プレスタディ用データの種類の種類

企業名	データの種類の種類	データ数	データ項目	提供内容等
首都高速	橋梁の点検データ	1.5万	66項目	首都高管内における1事務所の管理範囲(約60km)の過去5年間の損傷データ
JR東日本	橋梁の検査データ	6.5万	71項目	東京23区内の橋梁の点検データ
NTT	マンホールの点検データ	4.5万	63項目	東日本エリアのマンホールの点検データ

データマイニングに使用する情報

- データマイニングに使用する項目は、各企業から提供いただいたプレスタディ用データのうち、明らかに関連性があると思われる項目等を整理したもの
- その結果、各企業とも17項目となり、分析に有用と思われる項目は概ね1/4程度に減少

表:データマイニング分析項目

	首都高速	JR東日本	NTT
1	経過年数	形式/材質	不良経験あり(ALL)
2	構造物	支間	不良経験あり(上蓋)
3	路線名	構造種別	不良経験あり(受枠)
4	横端部	重点・一般検査箇所	不良経験あり(周辺舗装)
5	桁端部	変状部位	支店名
6	部位1	左右	道路種別①
7	損傷タイプ	起点終点	道路種別②
8	前回判定2	X方向	標準特殊変形区分
9	二次判定	Y方向	MH形
10	高架下条件	表裏	号数
11	主桁最大高さ	変状内容	MH建設年規格
12	主桁本数	ランク	MH構造種別
13	主桁径間長	全面積	首部構造
14	累積大型車交通量	桁面積	首部長集計
15	累積雨量	桁外側面積	鉄蓋建設年
16	累積日照時間	経過年数グループ	鉄蓋種類
17	気温0°C以下合計日数	補修履歴	鉄蓋形

データマイニングの実施手順

- 一般的な統計分析とは異なる新たな知識(規則性、理由、関係性)の抽出を目指す。
- データマイニングの実施経験を積むことで、分析にあたっての留意点や課題を明らかにする。
 - ・データの質により、分析実施前の事前準備に相当な時間を要する
 - ・目標設定、ケース分類等により、分析に要する費用は大きく変動する

表:データマイニング分析手順

手順	内容(具体例)	所要時間
①分析目標の設定	・橋梁の損傷評価毎(3ケース)の影響要因が知りたい(首都高速) ・橋梁の損傷評価毎(4ケース)の影響要因が知りたい(JR東日本) ・マンホール上蓋の不良あり・なしの原因(規則性)が知りたい(NTT)	(事前準備) 10~20時間 /1企業
②パラメータ情報の抽出	DBの登録項目、位置、建設年度、環境情報(対象地域・期間の降水量、気温等)	
③データ加工処理方法の整理	損傷評価は、ランクをそのまま使用(損傷評価ランクには、ノウハウが含まれている)	
④加工処理プログラム作成及び実行	加工処理プログラムを作成し、加工処理を実行して分析に必要なデータを作成	(実運用) ~1時間/1ケース
⑤分析の実施	加工処理プログラムが出力した加工済みデータを入力して分析プログラムを実行する 相関の高い項目は、マニュアル等の損傷評価基準に含まれている可能性があるが、ノウハウのようなものも含まれている可能性がある	
⑥考察	分析結果について、企業の状況を加味した考察を実施	

プレスタディにおける考察

- 分析の項目は、大きく「時間」、「場所」及び「構造」に分類することが出来るため、分析の目的を絞ることにより、不要な項目を削除できるため目的に沿った結果が得られやすい
- 関連性を期待する項目や加工した項目を追加して分析することが有効であることから、他企業の分析結果等を参考に、分析に有効と思われる項目を見出すことが必要

表:企業毎の分析結果に対する主な考察

階層	主な考察	キーワード
現場層	・経過年数が一番古いグループの構造物の劣化が一番激しいわけではないことから、何らかの要因(点検時の着目点等)の抽出の見込める ・構造諸元や設置環境により、損傷の傾向が異なっていることから、構造上の弱点等の抽出が見込める ・設置地域による傾向が出ているため、環境情報を追加して分析して頂くことが有効	点検着目点 弱点
マネジメント層	・環境情報やオペレーション情報と損傷評価の関係が結果として抽出されていることから、構造物の劣化に影響を及ぼす外延要因抽出の見込める ・経過年数が大きいと損傷ランクが悪くなる傾向が出ていることから、時間的な劣化要因の傾向把握(劣化予測につながる)の見込める ・健全なデータとの比較が有効	外延要因 劣化予測
経営層	・施設健全度の把握が必要(具体的に点検結果を健全度評価への反映が難しい) ・健全度がランクで決まるので、損傷が進む部位、要因が特定できれば健全度評価指標の見込める	健全度評価

現場情報の活用の視点とICTによる対応策

インフラ管理における各層から見た現場情報の活用の視点とそれを実現するICTによる対応策を整理

	中長期的更新・改修	短期的補修・修繕	点検・分析・評価	維持管理
経営層	① ✓ インフラの状況・必要費用の明確化 / 社会に対する情報提供の機会の提供			
マネジメント層	✓アセットマネジメント、LC C等の研究 ✓アセットマネジメントのシステム化	✓安全基準・技術基準等の分析・改善		
	✓標準化・共通化による業務の効率化・コスト削減			
現場層	✓設備毎の耐用年数(補修基準)の設定 ✓長寿命化、予防保全技術の開発	✓補修・修繕方法の検証・見直し(水準・ノウハウ)	✓点検・監視業務の検証・見直し(水準・ノウハウ)	✓維持管理方法の検証・見直し(水準・ノウハウ)
	③ ✓劣化メカニズムの解明 ✓劣化予測方法の開発 ✓補修計画(優先順位)に関する研究	✓損傷状態・修繕履歴等の分析と対策検討	④ ✓(新しい種類の)損傷状態の解析と評価方法	
現場層		b.ナレッジ(事例、ノウハウ)蓄積・流通システム	⑤ ✓遠隔診断、点検支援システム開発	⑥ ✓自動制御機器、システム等
		✓各種基準の現場での運用実態の分析 ✓新しい種類の損傷の補修方法の研究	⑤ ✓非破壊検査等計測機器の状態監視等への適用 ⑥ ✓点検項目、測定方法等の分析・改善(マニュアル) ⑦ ✓点検、履歴管理等業務支援システムの改善	⑥ ✓遠隔監視・自動計測システム ⑦ ✓維持管理項目、確認方法等の分析・改善(マニュアル) ⑧ ✓現場状況管理等業務支援システム改善
共通		h.施設(位置等)情報共有システム / i.工事情報等の共有システム	⑧ ✓資格制度、試験制度等の分析・共通化	非常・緊急時の情報連絡システムの改善
		✓点検・修繕履歴等の現地データの活用方法		
	✓情報インフラの共同利用ルール等整備 / 共同利用可能な情報の流通ルールの整備			
	✓技術力評価・管理 / 人材育成システム			

現場情報の活用の視点

経営の視点: 経営・マネジメントへの活用(経営指標)

センシング情報等を活用することで、経営判断・技術判断・現場活動等に対してより適切な経営・マネジメント指標(KPI)を設定できる可能性がある

仮説①: インフラの管理水準等に関する客観的かつ共通的な指標を社会に情報提供する

仮説②: センシング情報等を分析・加工し、経営・マネジメント・現場の管理指標に利用する

マネジメントの視点: 損傷や補修の判断を支援(暗黙知活用)

損傷状態の評価や劣化の予測、補修・補強の判断における、熟達者の暗黙知(過去の経験、科学的根拠に加え、地域特性、自然環境、類似事例等を総合的に分析)を形式化し活用する。

仮説③: 点検データやセンシング情報等を総合的に分析し、技術的判断の参考情報とする

仮説④: 熟達者の暗黙知を可視化し、損傷状態の判定を支援する関連情報を与える

現場の視点: 現場作業を支援する(業務効率化)

これまで人が行ってきた現場情報の収集・記録等をセンサ等に置き換えることによって、現場業務の効率化に寄与する

仮説⑤: 構造物の劣化特性を踏まえた計測方法を検討し点検方法の合理化を行う

仮説⑥: 過去の損傷傾向等の知見を反映した点検業務全般の効率化の提案を行う

仮説⑦: 位置情報を活用した端末等により、現場点検員の作業支援を行う

共通の視点: センシング情報等を活用した非常・緊急時への対応

災害・地震等の非常時には異常箇所や点検必要箇所が同時にかつ広域的に生じる可能性が高く、複数の箇所の状況を早く正確に把握することが重要である

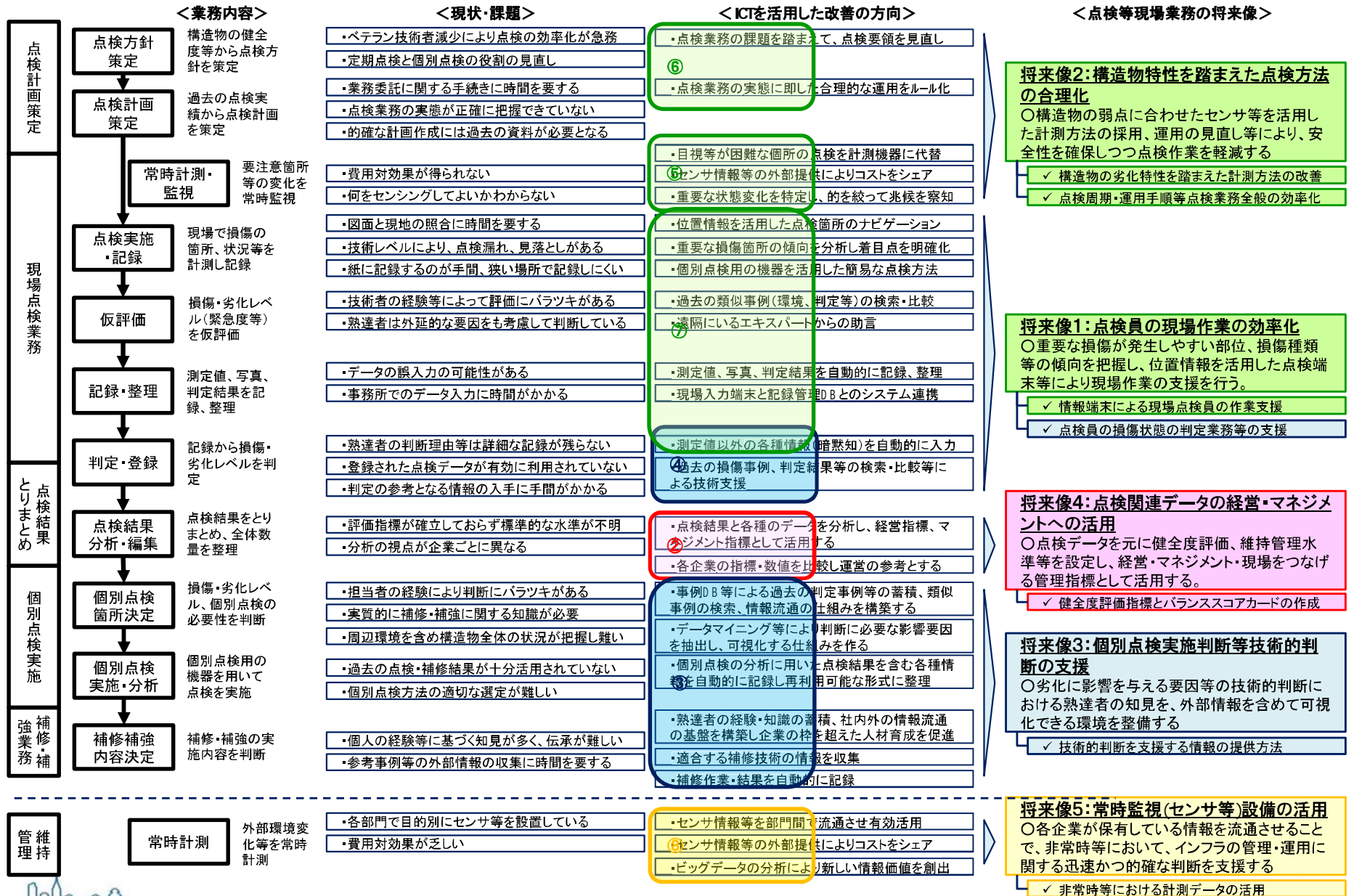
仮説⑧: 災害等の非常・緊急時において、現地情報を迅速に収集し適切な対応を支援する

ICTによる対応策の概要

仮説	対応策	概要	仮説	対応策	概要
①	社会に対するインフラ管理水準に関する情報の提供	センシング情報等を活用したインフラ管理の指標とその値を企業間で情報交換することにより、客観的かつ適正な管理水準となるインフラ管理指標を設定し社会に情報提供する	④	現場データを活用した判断支援の仕組み	過去の判定事例(写真)やセンシング情報等を使った類似事例の検索や注意事項の喚起等、現場のデータ・ナレッジを活用した損傷評価支援システム等を構築する
②	経営・マネジメント指標のベンチマーク	センシング情報等を活用したインフラ管理指標の作成方法を企業間で共通化することで、他企業とのベンチマークが可能となり、経営指標や現場のマネジメント指標の学習につながる	⑤	非破壊検査等計測機器による状態監視等への適用	目視や人間が直接行っていた状態監視を、情報技術を導入した非破壊検査機器を活用して収集可能センシング情報等に置き換える
	計測データの指標化による業務管理への応用	点検データに加え、点検実施率、点検頻度、自然環境等の計測データによる正確な状況把握により、経営判断・技術判断・現場利用に関する指標との関連性を分析し、指標化することで業務管理に応用する		遠隔監視・自動計測等のシステム開発	点検しにくい箇所や目視できない箇所に計測機器(センサ等)を導入することで、目視点検(人間の五感)を補完する点検方法を導入する
③	劣化メカニズムの解明	各企業の点検データに加え、構造諸元情報やセンシング情報等を共有し大量のデータを分析し、劣化の要因分析や損傷の進行度合い等の予測精度向上を図る	⑥	点検項目、測定方法等の分析・改善	現在導入しているセンサ等の記録、点検DBのデータ等の様々なデータの関連性を分析することにより、点検業務全般の効率化に向けた点検方法や運用ルールを改善する
	損傷状態・修繕履歴等の分析と関連情報の可視化	構造物の劣化に影響を及ぼすと想定される地域特性や環境情報等と点検データをマイニング等で分析することで、技術者の保有している経験など暗黙知となっている外延要因等を可視化する	⑦	点検・維持管理等現場業務支援システム改善	位置情報を活用した現場業務支援端末等により、点検結果の入力・参照、過去の損傷箇所等への案内等、現場作業の改善方法を研究する
	ナレッジ(事例・ノウハウ)蓄積・流通システム	ネットワーク技術を利用することにより、ノウハウの伝承を実施するための経験知や知識の記録、社内外での多種多様な情報等の蓄積・共有の強化を図るためのプラットフォームを構築する	⑧	センシング情報等を活用した非常・緊急時への対応	災害・地震等の非常時において、監視設備等を活用し異常箇所・状態の早期発見・把握、点検・復旧の優先順位の設定、運行・通行規制の解除など、インフラの管理・運用に関する適切な判断を支援する

点検業務の課題とICTを活用した改善の方向

点検業務の手順に沿って業務課題とICTを活用した改善の方向を示し、業務場面に応じた将来像のコンセプトを提示



＜点検等現場業務の将来像＞

- 1) 点検員の現場作業の効率化(案)
- 2) 構造物特性を踏まえた点検方法の合理化(案)
- 3) 個別点検実施判断等技術的判断の支援(案)
- 4) 点検関連データの経営・マネジメントへの活用(案)
- 5) 常時監視(センサ等)設備の活用(案)

1) 点検員の現場作業の効率化(案)

重要な損傷が発生しやすい部位、損傷種類等の傾向を把握し、現場での作業の改善提案を行う

基本的考え方

○点検員が実施している点検業務の流れに沿って、ICTを活用して効率化された現場作業の将来像を描く。
 ・位置情報等を活用した支援端末による作業の効率化と点検漏れを防止する
 ・過去の点検結果の分析から得られる知見を反映した損傷評価のバラツキの是正、点検記録内容の見直す

ICTの活用方法

【システム及び要素技術】

○現場点検業務支援端末

- ・センサ活用による位置認識技術
- ・ARによる過去情報と現場情報の対比表示
- ・最適化アルゴリズムによるルートガイド

○損傷評価支援システム

- ・データマイニングによる要因分析
- ・画像解析による類似画像検索・レコメンデーション

○施設管理・点検結果記録DB

- ・分散処理、高速大容量データベース

実現に向けた課題

- 重要な損傷が発生し易い部位や損傷種類等、目視の際に確認すべき点検着目点の明確化
- 橋梁等の閉鎖空間における精度の高い位置認識と実務への適用
- スキルレベルによる評価のバラツキを抑えるための技術支援方策の確立
- 点検業務における点検員の作業負担を増加させない各種情報(ログ)の蓄積ルール・手法の確立

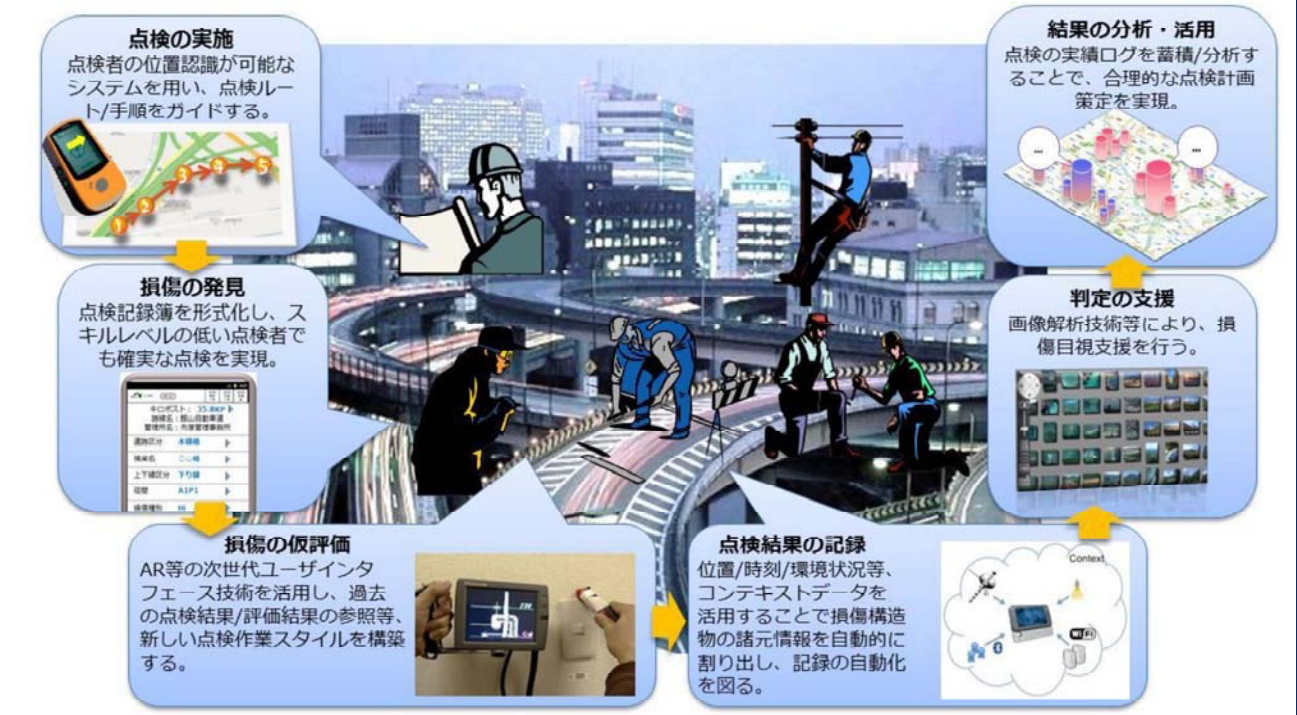
研究テーマ(想定)

- ①複数の視点からの点検着目点の抽出
 - ・各企業が提供可能なデータの対象構造物の定期点検を対象に、データマイニングにより重要な損傷が発生し易い部位、損傷種類等を抽出し、統計的、経験的、工学的な視点からの検証を行う。
- ②情報端末による現場点検員の作業支援
 - ・位置センサを点検員に携帯させ、位置情報を活用した作業の自動化、ガイド機能を実現し効果を検証する。

作業

作業	現在	将来
①点検の実施	点検時には現在位置の正確な把握が難しいため、損傷を発見した場合に位置把握のため図面と現場を照合している。	点検者の位置認識が可能なシステム(位置センサ等)を用い、点検着目点を含めた自動的な点検ルート/手順をガイドする
②損傷の発見	新たな損傷の発見は、技術者の能力に依存している。正確な位置の把握ができないため、損傷箇所を見落とすことがある。	重要損傷が発生し易い部位・損傷種類を明らかにし、チェック方式とすることで、健全状態の記録を含め点検漏れを防ぐ。
③損傷の仮評価	損傷評価は各企業の基準によって実施されており、仮評価の結果は技術者のスキルによりバラツキを生じている。	AR等のICT技術を活用し、過去の点検結果、評価結果の比較・参照により、損傷レベルの正確な評価を支援する。
④点検結果の記録	点検現場は閉鎖空間で劣悪な環境であるため、現場での記録作業の負担が大きい。事務所での再入力に時間がかかる。	時間情報、センサによる正確な位置情報等、記録が必要な情報の一部を自動的に取得が可能となり、作業が簡素化される
⑤判定の支援	スキルレベルによって仮評価のバラツキがあるため、熟達者の経験をもとに関係者の協議により評価を設定する。	損傷写真・データについて、画像解析技術等により過去の判定事例から推奨を提示し、評価のばらつきを是正する。
⑥結果の分析・活用	熟達者の経験や知識を頼りに、現場での点検作業を計画しているため、最適な作業計画となっているか疑問である。	点検業務のログ(担当・時間・ルート等)を蓄積・分析することで、合理的な点検計画を策定し作業員の負担を軽減する。

イメージ図



2) 構造物特性を踏まえた点検方法の合理化(案)

各構造物の弱点を見出すことで特性に合わせた計測方法を検討し、点検方法の改善提案を行う

基本的考え方

○目視を中心に一律の点検頻度で実施している現在の定期点検方法について、構造物特性を踏まえ、メリハリをつけた点検方法の将来像を描く

- ・目視を中心とした定期点検において、センサ等を活用することにより点検方法(目視、点検間隔)を見直す
- ・個別点検や常時監視との役割分担を視野に入れる

ICTの活用方法

【システム及び要素技術】

○計測機器(センサ等)

- ・データマイニングによる弱点分析
- ・画像技術等を活用した損傷の監視
- ・超音波・赤外線等を活用した損傷計測機器

○センサネットワーク等

- ・センサネットワークによる異常検知、面的分析

○点検要領・運用ルール of 最適化

- ・現場情報の解析による改善点の抽出
- ・センサ機器等の導入可能性の評価

実現に向けた課題

- 一番損傷が出やすい箇所や重要損傷の予兆の損傷となる弱点部位の抽出
- センサの設置方法(場所・方法等)及び費用の明確化
- センサの技術的な理解(計測項目、費用、精度、信頼性等)の向上
- 点検方法を見直すための判断に必要な根拠(統計的裏付け等)の作成

研究テーマ(想定)

- ①劣化発生時期に着目した構造物の弱点の抽出
 - ・各企業が点検合理化の対象とする構造物の定期点検を対象に、データマイニングにより一番損傷が出やすい箇所、重要損傷の予兆となる損傷を抽出し、統計的、経験的、工学的な視点からの検証を行う。
- ②構造物の劣化特性を踏まえた、計測方法の改善
 - ・安全を確保しつつ点検作業を軽減するため、構造物の弱点に合わせた計測方法等の改善案を提案する。
- ③点検周期・運用ルールの最適化
 - ・構造物の特性を踏まえた点検業務全般の効率化を進める点検ルール・運用の改善案を提案する。

合理化方法

①常時監視

構造物の異常を事前に察知するために、どの箇所をどのようにセンシングしてよいかわかっていない。

②目視の補完

目視を基本として実施しており、亀裂などの長さ、腐食の広がり等、各企業の損傷評価基準に基づき、評価を実施している。

③目視の代替

目視点検結果により詳細な調査が必要と判断した場合に限り、必要な器具を用いた詳細の調査を再度実施する。

④運用ルール

点検頻度は一律であることから、重要な現象を見逃すと次の点検までに損傷が進捗してしまう恐れがある。一方、劣化の進行が遅い箇所も同等のコストがかかっている。

⑤点検要領改訂

定期点検は、目視を中心に実施することとし、点検方法・頻度等は、構造物毎の特性によらず一律となっている。

現在

将来

構造物の特性(弱点等)に合わせたセンサを設置し、損傷を監視することで、構造物の重大損傷の兆候を察知する。

点検しにくい箇所(高所、閉所等)に目視を補完するセンサ等を設置することで、目視による点検回数を減らす。

点検できない箇所(構造物の内部、化粧版裏等)に、目視より有効な計測機器等による正確な情報収集に切り替える。

構造物の種類や経過年数等、過去の損傷傾向等の知見を反映し、損傷の進行度合いに応じてメリハリをつけ弾力的に運用する。

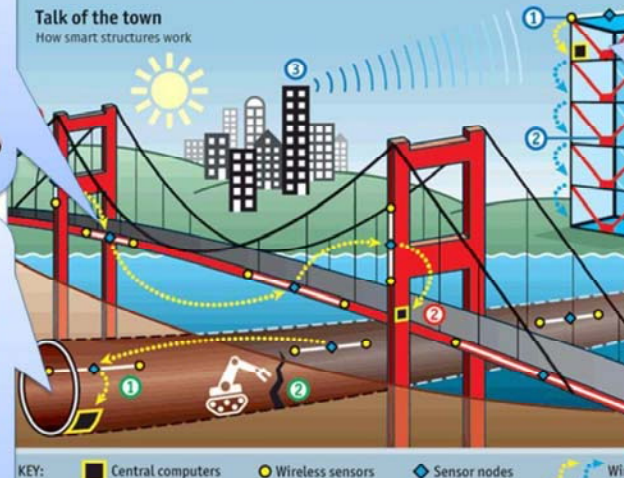
構造物の特性を反映することで、目視点検の一部をセンサ等による情報収集へ代替、センサ等活用による目視点検間隔の見直し等、構造物の特性に合わせて点検要領を見直す。

イメージ図

遠隔監視
構造物の弱点箇所をセンサでモニタリングし、効率的なリスク管理を実現。



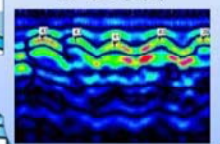
目視の補完
点検困難箇所センサ設置し点検頻度の効率化。



(出典: The Economist, December 11th 2010, p18, <http://www.economist.com/node/17647603>)

目視の代替

目視点検が不可能な箇所の状況を専用センサでモニタリング。



運用ルール

構造物種類、経過年数、過去の損傷傾向の分析結果から、点検頻度の最適化を行う。



3) 個別点検実施判断等技術的判断の支援(案)

構造物の劣化に影響を及ぼす外延要因を抽出し、技術的な判断の際に役立てる仕組みを提案する

基本的考え方

○マネジメント層が実施する技術的な判断支援に必要な情報とその提供方法における将来像を描く。
 ・熟達者がどのような知見により判断を行っているかという情報(知見)の専門性に着目し、現状及び将来像を整理

ICTの活用方法

【システム及び要素技術】
 ○外延要因可視化ツール
 ・オープンデータ等を活用した関連情報の取得
 ・データマイニング等による外延要因分析
 ・可視化技術による判断支援情報の表示
 ○ナレッジ(事例・ノウハウ等)蓄積・流通システム
 ・ナレッジ(事例・ノウハウ等)データベース
 ・情報通信プラットフォームによる情報連携

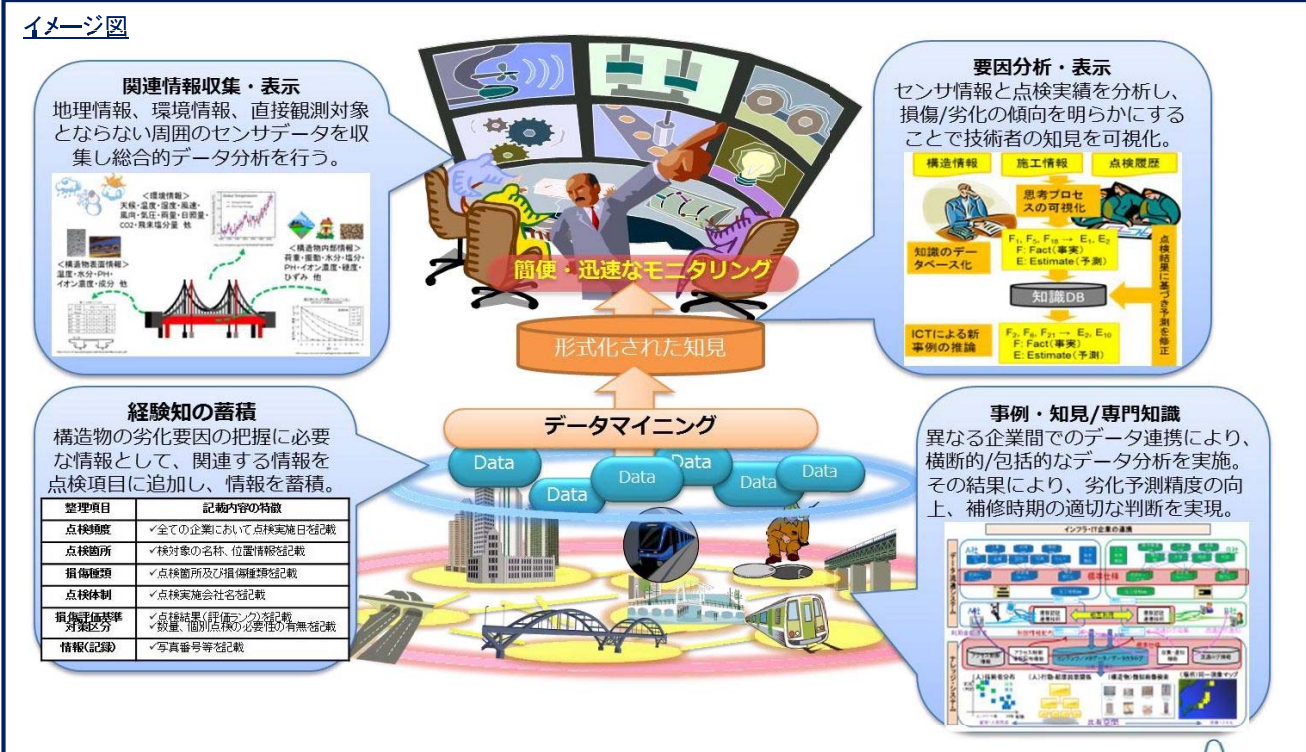
実現に向けた課題

○現場データを用いた構造物の劣化に影響を及ぼす外部からの影響要因の抽出
 ○外延要因、事例及び知見等の蓄積・可視化による技術の伝承
 ○企業内の個別システム間の情報連携<企業システムの関係性(データ内容、連携方法等)が不明なため、様々なデータを利用した分析が困難>
 ○企業が保有する技術的な情報(事例、基準、人材等)の他機関への提供

研究テーマ(想定)

①劣化に影響を与える外延要因の抽出
 ・各企業が提供可能なデータの対象構造物の定期点検を対象に、データマイニングにより構造物の劣化に影響を及ぼす外延要因を抽出し、統計的、経験的、工学的な視点からの検証を行う。
 ②技術的判断を支援する情報の提供方法
 ・技術的判断に資する外延要因等の環境情報、熟達者の知見等を可視化できるプロトタイプを構築し検証する。

支援方法	現在	将来
①関連情報表示	熟達者の目視点検は、五感で感じた目視以外の何らかの情報を直感的に把握して評価を行っている。	構造物の劣化に影響を及ぼす地域特性や環境情報を、グラフ、地図等で表示することで、判断支援情報として活用
②経験知の蓄積	熟達者の知見・過去の経験は、個人の記憶としてとどめており、そのノウハウ等が記録簿に記載されていない。	熟達者の点検評価時の情報(位置、時間、天候、参考文献、判断理由等)を蓄積・分析することで業務ノウハウを可視化し、技術伝承を行う。
③要因分析・表示	技術的判断は、技術者の保有する様々な外的要因や過去の事例等を総合的に判断しているが、その思考過程は明らかでない。	点検結果やセンシング情報等や外延要因を分析し、損傷や劣化の傾向を明らかにすることで、技術者の思考過程を可視化する
④事例・知見	目視点検の結果により、個別点検を実施し、構造物の劣化状況を詳細に把握することから、点検技術者は、実質的に補修・補強の必要性の判断(仮説)が必要となる。	構造物の劣化要因の把握に必要な情報を点検項目に追加するとともに、関連する様々な事例情報を蓄積することで、類似事例等検索が容易となる。関連する外部情報を取り入れる。
⑤専門知識	高度な専門知識となる劣化予測、補修・補強の判断は、熟達者の経験や知見以外にも、必要に応じ、外部の専門家の意見を求める。情報収集に多くの時間が費やされている。	企業間での情報連携により、劣化予測精度の向上に必要な情報収集や、適切な補修時期の判断に活用する。専門家間で必要な情報が流通する環境を整備する。



4) 点検関連データの経営・マネジメントへの活用(案)

点検データを活用し、経営層・マネジメント層・現場層をつなげる維持管理指標を新たに設定する

基本的考え方

- 現場から収集したデータを経営・マネジメントに活用するための管理手法における将来像を描く。
- ・ヒト・モノ・金の管理の視点から点検関連データの活用方法を整理する。
- ・点検関連データ等を活用した経営・マネジメント・現場層が一体となったインフラ管理の方法を構築する

ICTの活用方法

【システム及び要素技術】

○バランス・スコアカードの作成

- ・データマイニングによるデータ間の関連性分析
- ・健全度評価指標の作成
- ・バランススコアカードの作成

○評価指標の運用方法の確立

- ・ICTを活用した評価指標に係るデータの収集・分析
- ・指標の共通化と企業間のベンチマーク

実現に向けた課題

- 1損傷単位の評価から構造物全体の評価を表す指標の設定
- 適切な維持管理水準の明確化
- 企業の経営指標等の実態及びデータの使用方法
- 各企業の経営指標情報の内容把握及び提供

研究テーマ(想定)

- 構造物の健全性を評価する指標の作成
- ・維持管理に関する経営指標として、点検データを基に構造物の健全性を評価する指標を作成し検証する
- バランス・スコアカードの作成
- ・現場が取得する点検データを経営管理指標に結びつけ、経営層・マネジメント層・現場層が一体となったバランス・スコアカードを作成し試行する。

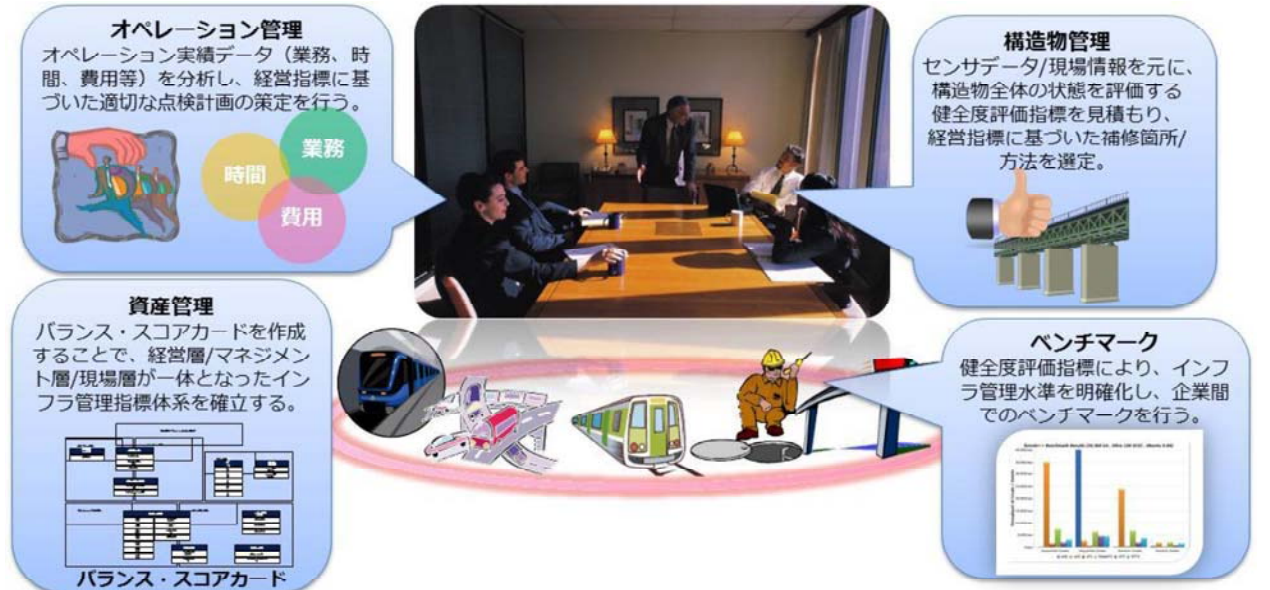
管理手法

現在

将来

①オペレーション管理	現在の点検では、構造物の結果についての記録しか蓄積しておらず、点検業務(オペレーション)に関する記録(稼働、時間等)は蓄積されていない。	点検業務(オペレーション)全体を分析するデータ(稼働、時間、費用等)を収集し、個別指標を整備・管理することで適切な点検計画を策定する
②構造物管理	現場の点検員は、点検記録簿に様々な点検結果を記録し、DBに蓄積しているが、蓄積されているデータがどのように活用されているか、現場層に理解されにくい	点検データが各層の業務でどのように利用されているかを明らかにするとともに、その結果が現場にフィードバックされる仕組みを構築する
③資産管理	現在の点検方法では、1損傷単位での評価を実施しており、構造物全体がどのような状況か判断する指標は存在していない。	センサデータを含めた現場からの情報を基に、構造物全体の状態を評価する健全度評価指標により、経営的な視点から、補修箇所・方法を選定する
④ベンチマーク	補修・補強の判断は、構造物の状況から判断されており、利用者サービス、投資計画など総合的な視点からは行われていない。	バランス・スコアカードを作成することにより、経営・マネジメント・現場層が一体となったインフラ管理指標の体系が確立する
	構造物の状態を評価する指標は各社内の基準で管理されているため、適切な維持管理の水準が不明である。	健全度評価指標により、インフラ管理水準を明確化し、企業間でのベンチマークを行う。

イメージ図



5) 常時監視(センサ等)設備の活用(案)

常時監視(センサ等)設備から得られる情報を活用し、インフラの管理・運用に関する迅速かつ適切な判断を支援する

基本的考え方

- オープンデータや各企業が保有しているセンシング情報等を活用することで非常時におけるインフラの管理・運用の将来像を描く。
- ・情報の流れの視点から整理

ICTの活用方法

【システム及び要素技術】

○情報流通プラットフォームの構築

- ・センサネットワーク
- ・高速大容量データベース
- ・オープンデータプラットフォームとの情報連携

○可視化ツールの開発

- ・可視化技術による情報表示

○データ利用条件の整備

- ・他社の保有する情報を利用する際の条件書・契約書
- ・情報流通のための一般的なルール・手続きの構築

実現に向けた課題

- 情報共有の有効性(費用対効果等)の整理
- 具体的なサービス・共有情報、適用場面の整理
- 情報流通基盤としての技術要件の定義
- データの利用条件の整理、関係者の合意

研究テーマ(想定)

- 保有データの緊急時への応用方法の検討
- ・企業情報や外部情報等の大量データを流通させることでインフラの管理・運用に関する迅速かつ適切な判断支援を行う

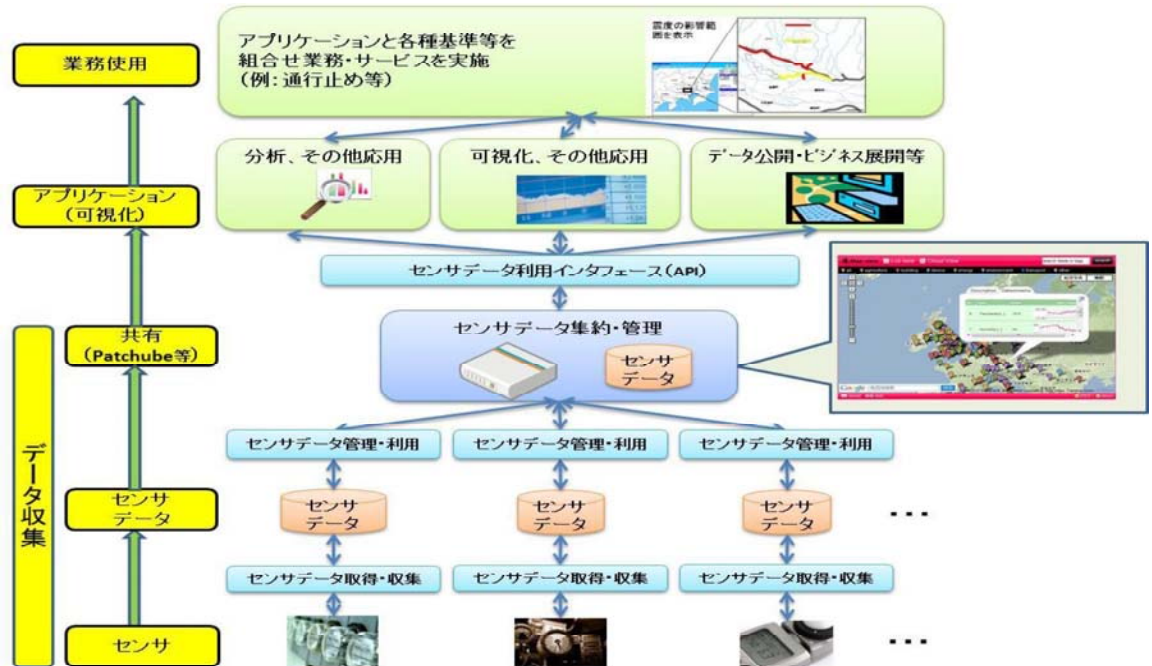
情報の流れ

現在

将来

①データ収集	環境情報は、活用可能なデータがオープンデータとして提供されている 各企業は、企業毎に一定の間隔でセンサ等を設置し、様々な情報を収集	オープンデータを活用した可視化ツールにより、非常時の状況等を把握する。 オープンデータや各企業が保有する様々なセンシング情報等を収集・管理する情報流通プラットフォームを構築し、企業間で情報を流通させる。
②可視化	様々な情報を共有し、活用する環境が整備されてきている。	情報流通プラットフォームで収集した様々な情報を可視化するツールによりし面的な詳細情報として可視化する。
③業務使用	企業は、非常時における社内基準等を保有しており、センサ等により計測した値が基準を超えた場合営業を一時停止し、安全を確認することとなっている 営業を再開するためには、対象区間において、現場技術者による点検(安全確認)が必要	オープンデータに企業情報を追加した情報流通プラットフォームを活用し、各企業の営業施設に状況の悪い箇所を自動表示することで、優先順位をつけて点検を実施

イメージ図



インフラ・イノベーション研究会の概要

インフラ・イノベーションの実現にむけて、知恵/経験の結合を促すオープンな価値創造の場を社会連携講座が主催

1. 研究会の名称等

「インフラ・イノベーション」研究会

2. 研究会の目的

公物・施設・空間管理分野と情報技術分野におけるシーズとニーズ、技術と運用、理論と実践といった様々な知識や経験を結合し、新しい価値を生み出すこと、産・学・官の横断的な人的・知的なネットワークを創りだすことを目的とする。

3. 運営方針

社会・経済の発展及び関連産業の活性化に資するため、イノベーションが促進されるよう、参加者の積極的な参加・協力のもと次の方針に基づいて運営される。

- (1) 多様な主体が参加できるオープン&フェアな環境を整備するよう努める
- (2) 幅広い知識や経験が交流し、新しい価値が生み出されるよう努める
- (3) 研究会における取り組みが実用化され、幅広く展開されるよう努める

4. 活動内容

研究会の活動内容は次の通り。なお、参加者の提案・意見等を踏まえて随時見直しを行う。

- (1) 講演会等：講演会等を定期的に開催
- (2) 交流会：研究会参加企業・団体等により、新規プロジェクトの可能性等について意見交換
- (3) 上記の他、情報発信など研究会の目的に寄与する活動

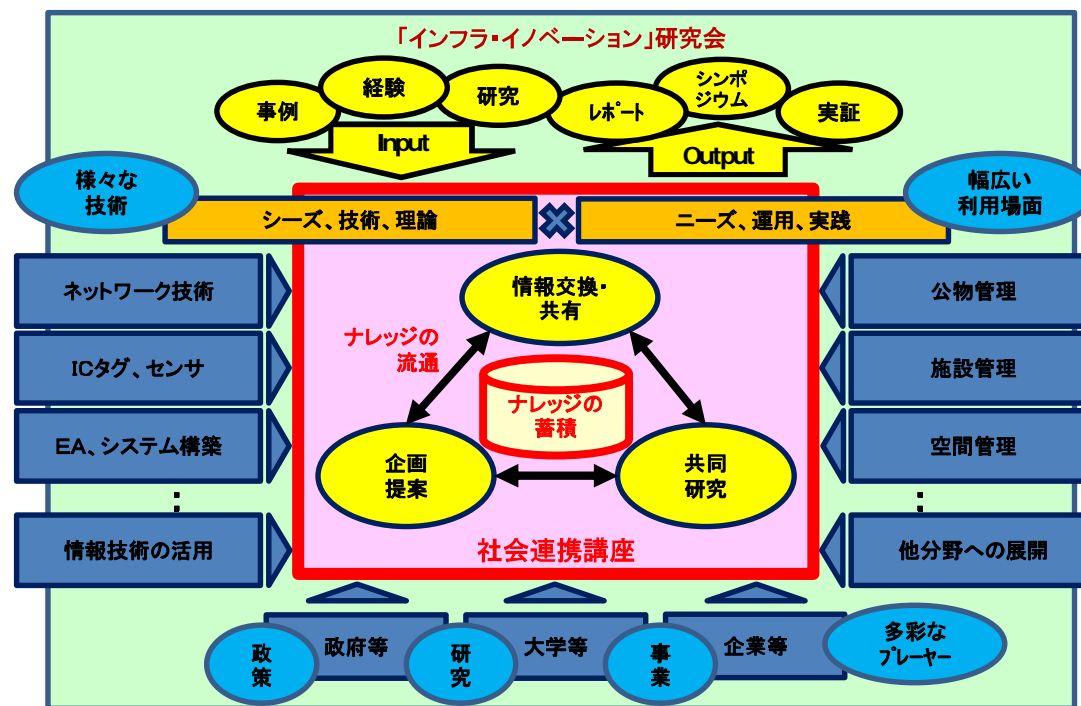
5. 主催及び参加団体等

本研究会は、東京大学「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座が主催する。

社会連携講座設置企業、研究協力機関、関連する共同研究契約等締結企業・団体及び本研究会の目的・活動等に賛同し協力する企業・団体等が参加する。

6. 開催実績

平成22年6月～ 1回/2月に開催。



平成22年度の開催実績

- ①点検・維持管理等現場業務の効率化：現場で使える情報技術の視点から、新しい取り組みの紹介と現場に導入するための課題を考える。
- ②技術力の維持と安全性の向上：情報流通による人材育成の可能性と、技術力の維持に必要なスキルの体系化について考える。
- ③効率的な施設運営：情報技術を活用した電力・交通・水道等の効率的な運営とインフラ企業にとっての意味を考える。
- ④情報共有基盤の構築と活用：位置情報基盤の現状と課題を明らかにし、期待される活用分野・具体的サービスについて考える。
- ⑤現実空間と情報空間の連携：現実空間と情報空間の連携による新しいビジネスの可能性、インフラ高度化との関係を考える。

平成23年度の開催実績

- ①現場作業の支援(作業、技術支援)：行動観察や最新のIT機器の活用により、作業の利便性や効率化、安全性を向上させる可能性について考える。
- ②現場作業の支援(センサの活用)：社会インフラ構造物の維持管理へのセンサの活用や新たなビジネスへの展開等について考える。
- ③情報の有効活用(蓄積・流通)：維持管理に関する情報の蓄積、流通に必要な技術や手法等について、課題や活用策等について考える。
- ④情報の有効活用(分析・加工)：情報技術による業務改善や、画像解析の活用事例等により、点検業務等への活用とメリットについて議論する。
- ⑤点検体制の充実、人材育成：社会インフラの維持管理に対し、産官学民連携の事例等を通じ、点検体制や人材育成のあり方について考える。