

社会連携講座の活動成果の概要 2014-2016

2017.4

<社会連携講座について>

■ 社会連携講座の概要	_____	3
■ 社会連携講座に関するこれまでの取り組み	_____	4
■ インフラ・イノベーション研究会の概要	_____	5

<講座研究の概要>

1. データ分析		
■ データ分析の概要	_____	7
■ データクレンジング・データ調整	_____	8
■ 傾向分析の概要	_____	10
■ データマイニングの概要	_____	11
2. 分析結果の活用		
■ 分析結果の活用方策の全体像	_____	13
■ 分析結果の活用-研究事例	_____	14
事例1) 危険空洞判別モデルの構築	_____	14
事例2) 詳細点検要否判別モデルの構築	_____	14
事例3) 道床変状判別モデルの構築	_____	15
事例4) 上床はく離・はく落回帰モデルの構築	_____	15
事例5) ハンチ部の損傷有無の判別予測の構築	_____	16
事例6) 床版・桁の健全度推定	_____	16

<参考資料>

社会連携講座の活動成果の概要(2009-2013)(抜粋)2014.4

■ バランス・スコアカード(参照モデル)と管理指標(案)	_____	19
■ ダッシュボードによるインフラ管理指標の活用	_____	20

点検等現場業務の将来像(ver.2014.3)

■ 点検業務の課題と		
ICTを活用した改善の方向(ver.2014.3)	_____	22
1) 点検員の現場作業の効率化と履歴管理(案)	_____	23
2) 構造物特性を踏まえた点検業務の合理化(案)	_____	24
3) 技術的判断の支援と技術伝承(案)	_____	25
4) 点検データ等の経営・マネジメントへの活用(案)	_____	26
5) オープンデータ活用による維持管理の高度化(案)	_____	27

社会連携講座について

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(第2期)

英文: Research Initiative for Advanced Infrastructure with ICT

—設置期間:平成26年4月1日～平成31年3月31日

URL: <http://www.advanced-infra.org/>

2. 講座の目的

情報技術を活用して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、インフラに関する技術支援・技術伝承の仕組みを確立し、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29年4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、東京電力パワーグリッド株式会社、東日本高速道路株式会社、東日本旅客鉄道株式会社、株式会社日立製作所

共同研究機関: 日本電信電話株式会社

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

4. 担当教員(平成29年4月現在)

越塚登教授(兼任)、石川雄章特任教授、齋藤正徳特任講師、湧田雄基特任助教(兼任)、熊田和人特任研究員、鈴木弘武特任研究員、二宮利江特任研究員(兼任)、津曲渉特任研究員(兼任)

5. 研究テーマ

1) ICT活用による施設マネジメントの高度化

点検データ、センサーデータ等の分析結果を活用した点検・維持管理業務の合理化、センサー等のICT機器の活用による作業の効率化などの施設マネジメントの高度化

2) 情報活用による技術支援・技術伝承

インフラ管理に関する技術的判断を支援し、各社の技術力を維持・発展させるため、マニュアル等の形式知と熟達者の暗黙知に着目した技術支援・技術伝承の仕組みの確立

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

研究活動の一環として、研究テーマに関連する各分野の専門的な知識や経験を持ち寄り、情報交流を促進し新たな気づきをもたらす研究プラットフォームを運営する。

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。

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。

インフライ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。

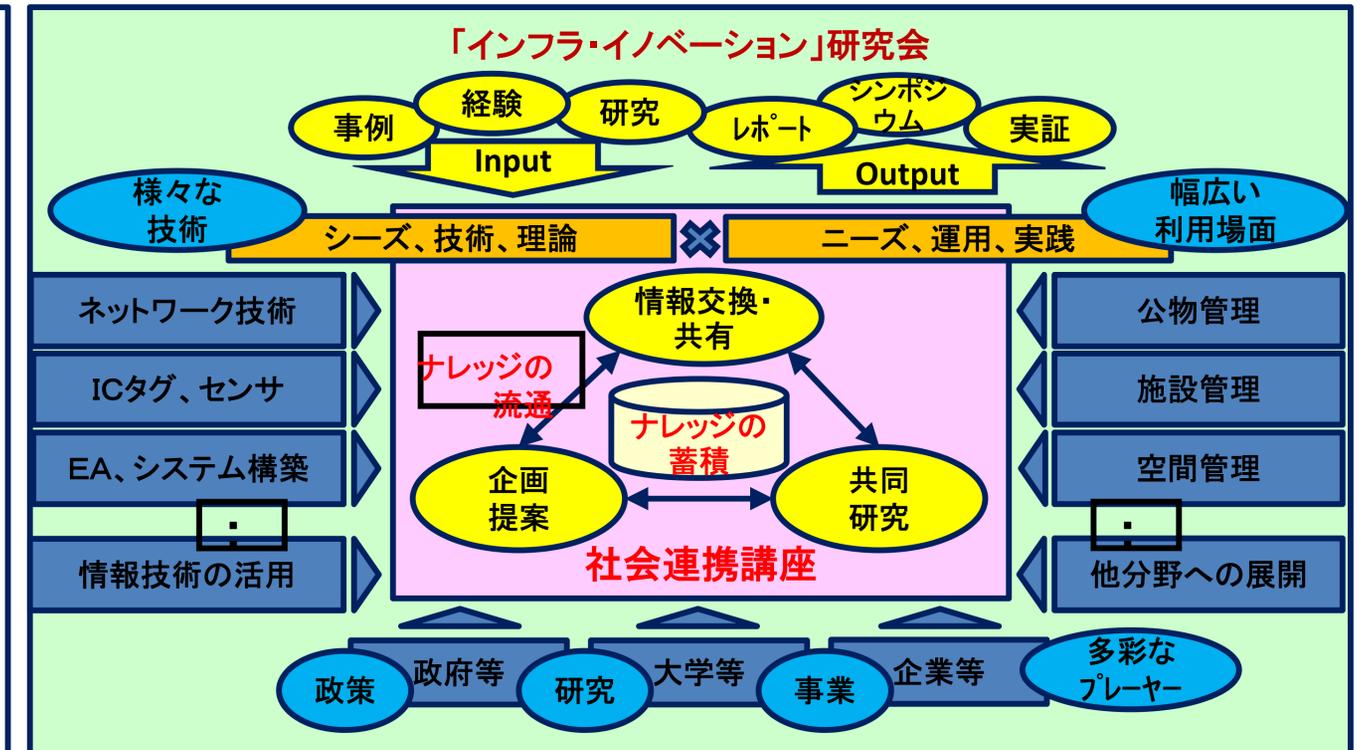
社会連携講座に関するこれまでの取り組み

中核となる講座研究を計画的に実施するとともに、現場業務の将来像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

	H26	H27	H28	H29-H30(予定)
講座研究	＜施設マネジメントの高度化及び技術支援・技術伝承＞			
	<ul style="list-style-type: none"> 参加企業間の認識の共有と先進事例等の調査 <ol style="list-style-type: none"> ①企業の現状・取組事例、関連する先事例等の調査 ②データ分析に必要な関連事例、既往研究の情報収集 データ分析の試行と分析手法の比較・評価 <ol style="list-style-type: none"> ①企業のニーズを確認し各種目標の設定 ②データ分析を試行実施 ③各種データを地図上や統計グラフ等によりデータ間の関係性を把握 	<ul style="list-style-type: none"> 多種多様なデータ分析・分析手法の比較・評価 <ol style="list-style-type: none"> ①データの可視化によりデータ間の関係性、損傷傾向等を把握し、新たな気付きを得る ②設定した分析目標に対応したデータ分析を実施 ③分析結果の解釈・評価を実施 データ分析活用による点検等現場業務の改善提案 <ol style="list-style-type: none"> ①データ活用の観点から、企業の業務実態を踏まえた活用方策の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 点検等現場業務における研究成果の試行・評価 <ol style="list-style-type: none"> ①分析手法、分析モデルの評価、汎用性の検討・評価 ②分析結果の現場の活用方策の検討(点検、診断、措置補修、記録可視化) 活用／導入の測定結果。測定指標の検討 <ol style="list-style-type: none"> ①研究成を点検等現場業務に導入した際の導入効果の検討・評価 	<ul style="list-style-type: none"> 研究によって得られた知見の整理と横展開 <ol style="list-style-type: none"> ①過年度研究のモデル・知識体系を他の路線、施設等に横展開 ②有効性を確認 ③モデル・知識体系の汎用性の検討 研究成果の業務への試行導入と評価・改善 <ol style="list-style-type: none"> ①研究の成果を現場業務の支援、基準・ルールの見直し等に試行的に導入 ②業務改善効果を評価するとともに本格導入に向けた改善
<p>現場業務の将来像</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 点検員の現場作業の効率化と履歴管理(案) 2) 構造物特性等を踏まえた点検業務の合理化(案) 3) 技術的判断の支援と技術伝承(案) 4) 点検データ等の経営・マネジメントへの活用(案) 5) オープンデータ活用による維持管理の高度化(案) 	<p style="text-align: center;">関連研究</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 70%;"> <p>「ICTを活用した市町村のインフラ維持管理支援に関する研究」(東北大学、島根県、小田原市)</p> <p>「車載及びUAV搭載カメラ画像を活用した河川管理の高度化」※SIP事業(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン、(株)復建技術コンサルタント)</p> <p>「空港管理車両を活用した簡易舗装点検システムの開発」※SIP事業(パシフィックコンサルタンツ(株)、(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン)</p> <p>「道路舗装の計測・管理に関する新技術研究会」</p> <p>「行動観察手法を用いた高速道路事業におけるマネジメントスキルの検討」(東日本高速道路(株)関東支社) → 「技術力・マネジメント力育成に関する検討」</p> <p>「道路台帳事業をモデルとした技術者人材育成」(株)パスコ → 「品質向上、生産性向上及び人材育成」</p> <p>「スマート・メンテナンス・ハイウェイ構想の実現」(東日本高速道路(株))</p> <p>「高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータの処理・蓄積・解析・応用技術の開発」※SIP事業(東日本高速道路(株)、(株)横須賀テレコムリサーチパーク、(株)ソーシャル・キャピタル・デザイン)</p> <p>「ICTを活用した道路維持管理業務の高度化」(東京都道路整備保全公社)</p> <p>「インフラ維持管理データサイエンスの高度化と体系化」SCOPE研究費</p> </div> <div style="width: 25%; text-align: right;"> <p>実務への展開</p> </div> </div>			
研究会	<p>定例会開催: ①情報技術によるインフラ高度化の取り組み、②情報技術を活用した国の政策動向、③ICTを活用したアセットマネジメントの取組み、④ICTを活用した地域支援、⑤現実空間と情報空間の連携</p>	<p>定例会開催: ①モニタリング技術の活用、②ICTを活用した施設管理、③データを活用したインフラ管理、④新技術を活用したインフラ管理、⑤インフラ管理における新たな取り組み</p>	<p>定例会開催: ①インフラ管理における新たな取り組み、②プローブデータのインフラ管理への活用方策、③診断データの業務や現場への活用方策、④土砂災害対策における情報通信技術の活用、⑤下水道管路の維持管理における現状と課題</p>	<p>定例会開催(予定案)</p> <ol style="list-style-type: none"> ①自動運転技術の開発動向、②人工知能等の先端技術を活用したインフラの維持管理、③センサーモニタリング技術の活用、④異業種間のコラボによる新技術開発や維持管理、⑤情報通信技術を活用した維持管理の海外動向

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

- 研究会の名称等**
「インフラ・イノベーション」研究会
- 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出すこと**を目的とする。
- 研究テーマ**
東京大学「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座(以下「社会連携講座」という)の研究テーマ(下記(1),(2))に関連する実業務における課題解決に寄与する具体的かつ実践的なテーマを対象とする。
(1) ICT活用による施設マネジメントの高度化
(2) 情報活用による技術支援・技術伝承
- 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・講義**: 研究テーマに関連する定期的な講演・講義の開催
(2) **参加型研究**: 研究会会員による技術等の発表、課題解決策の検討等
(3) **交流会**: 研究会会員が幅広く意見交換を行うための交流の場
(4) その他、情報発信など研究会の目的に寄与する活動
- 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。



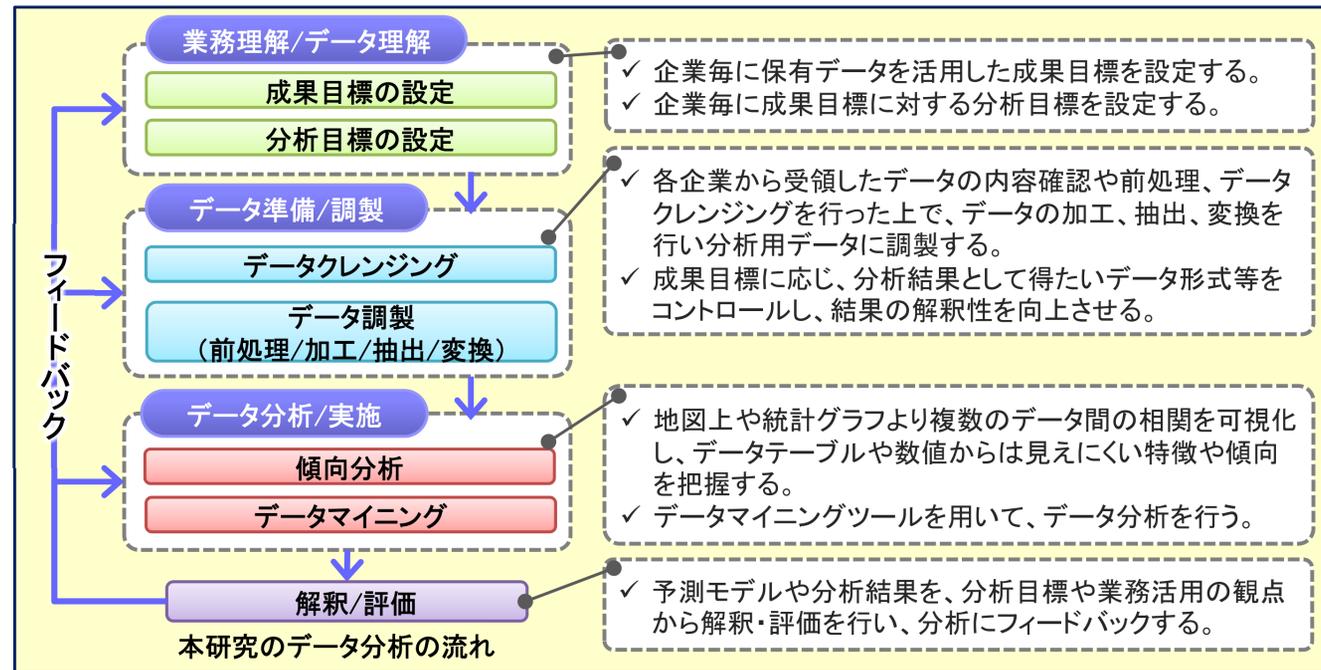
<p>第1期 平成22年6月 計20回 開催</p>	<p>平成22年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> 点検・維持管理等現場業務の効率化: 現場で使える情報技術の課題を考える。 技術力の維持と安全性の向上: 情報流通による人材育成の可能性と、技術力の維持に必要なスキルの体系化について考える。 効率的な施設運営: 情報技術を活用した電力・交通・水道等の効率的な運営とインフラ企業にとっての意味を考える。 情報共有基盤の構築と活用: 位置情報基盤の現状と課題を明らかにし、期待される活用分野・具体的サービスについて考える。 現実空間と情報空間の連携: 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。 	<p>平成23年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 情報の有効活用(分析・加工): 情報画像解析の活用事例について議論する。 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。 	<p>平成24年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> 維持管理データの有効活用: 維持管理現場で発生するデータについて、その活用による維持管理業務の合理化の可能性について考える。 情報の流通による価値創造: 技術情報の流通とその価値について、制度上の課題や解決方法及びICTシステムの活用について考える。 現場作業の効率化: 最新のICT技術やその現場作業の活用方策等を議論。 データ活用による経営・マネジメント支援: 経営の観点からデータを利用する方法やICTシステムの可能性について考える。 東日本大震災復興支援におけるICT活用: 老朽化したインフラの維持管理や災害対応に向けたICTシステムの活用を考える。 	<p>平成25年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> 社会資本の維持管理の課題と対応: 政府が「社会資本のメンテナンス戦略」で講じる施策等を題材に、インフラ維持管理の課題と対応を考える。 社会資本の維持管理の課題とICTの活用: トネル天井板の落下事故に関する委員会報告への対応等を踏まえ、維持管理におけるICTの活用を考える。 防災とICT: 合成開口レタ等参考を参考に、防災とICT活用を考える。 データ等の有効活用による維持管理の高度化: マイクロデータを用いたサービスの実証や住民からの問合せ情報の業務活用などを議論。 インフラにおけるオープンデータの活用: 政府のオープンデータ戦略等を参考に、インフラ管理におけるオープンデータの活用の可能性を考える。
<p>第2期 平成26年6月 計21回 開催</p>	<p>平成26年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> 情報技術によるインフラ高度化の取り組み: 社会連携講座(第1期)における成果と関連する取り組み事例等について、議論。 情報技術を活用した国の政策動向: 総務省、経済産業省、国土交通省における最近の政策の動き等について議論。 ICTを活用したアセットマネジメントの取り組み: 仙台市の下水道事業におけるアセットマネジメント事例を踏まえ、アセットマネジメントについて考える。 ICTを活用した地域支援: 在宅医療に関する情報共有システムや地方自治体での点検業務などを議論。 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ついて議論。 	<p>平成27年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> モニタリング技術の活用: モニタリング技術を開発及び実管理へ適用を議論。 ICTを活用した施設管理: 施設管理向けクラウドサービスの実適用事例などを参考に、ICTを用いた実管理への適用について考える。 データを活用したインフラ管理: 空港舗装における維持管理データ活用の具体的な管理手法と今後の課題について考える。 新技術を活用したインフラ管理: ダムの老朽化を検査する水中インフラ点検ロボットの活用事例等を紹介し、新技術の活用について議論。 インフラ管理における新たな取り組み: 橋梁点検の自治体の取組事例を紹介し、自治体自ら実施する点検等について、今後のあり方について考える。 	<p>平成28年度の開催実績</p> <ol style="list-style-type: none"> インフラ管理における新たな取り組み: UAVを活用した河川管理について、考える。 プローブデータのインフラ管理への活用方策について: タイヤによる路面性状状態判定技術による路面管理等、プローブデータの活用方策について議論。 診断データの業務や現場への活用方策について: 医工連携によるデータ利活用の取組事例等を紹介し、点検・診断データの現場での活用方策を議論。 土砂災害対策における情報通信技術の活用: IoT、ビッグデータ、AI(人工知能)の活用事例を紹介し、災害対策での情報通信技術の活用を議論。 下水道管路の維持管理における現状と課題について: 下水道管路調査における机上スクリーニングや調査機器の高度化について現場活用方策について考える。 	<p>平成29年度の開催(予定)</p> <ol style="list-style-type: none"> 安全運転支援に向けた自動運転技術の開発動向について 人工知能等の先端技術を活用したインフラの維持管理の実務的な取組 センサーモニタリング技術を活用したインフラの維持管理について 異業種間のコラボによる新技術開発や維持管理の取組について 情報通信技術を活用した維持管理の海外動向について <p>(講演会のテーマは順不同、調整状況により講演テーマを変更することがある。)</p>

講座研究の概要

インフラ維持管理に適用可能なデータ分析の流れを設計し、企業毎の目標を設定しデータ分析研究を実施。

<データ分析の流れ>

- ◆ データ分析は、業務やデータの特徴を理解する「業務理解/データ理解」、「データ準備/調製」、データから有用な知識を抽出する「データ分析」、「結果の評価」の4つのプロセスにより実施する。
- ◆ 解釈・評価をフィードバックし、予測モデルや分析結果の有効性・妥当性を高める。



<業務理解/データ理解に基づく成果目標・分析目標の設定>

- ◆ 企業の現状課題とニーズ、利用可能なデータ等の条件を踏まえ、成果目標、分析目標を設定する。
- ◆ 分析対象構造物の共通性、類似性より地下構造物グループと橋梁・道床グループに分け、企業間の情報交換や比較・分析を行った。
- ◆ これにより、インフラ維持管理に関する汎用的な成果目標・分析目標・分析手法等を明らかにする。

表 企業毎の成果目標・分析目標設定

企業	成果目標	分析目標	対象	WG
A社	劣化傾向や洞道諸元の特徴や傾向、健全性の把握による洞道点検優先度の検討より点検手法、点検ルールの簡略化を図る。	洞道点検区間毎に劣化傾向を各種データ内容から明らかにしたうえで、洞道点検区間の健全性評価を行う評価モデルを構築し評価を行う。	シールド 湾岸洞道	地下構造物グループ
B社	効率的かつ効果的な精密点検の実施に向け、目視確認が困難な空洞発生状況を勘案した精密点検実施ルールの策定を行う。	とう道に発生している空洞状況と各とう道に生じている劣化との関係性を把握するとともに、各とう道の空洞発生リスクを抽出する。	シールド とう道	
C社	利用者被害の防止に向け、トンネル天井・壁面に発生する変状の見落とし防止・点検の確実性の向上、効率化を図る。	損傷の種類・程度に影響を与えている諸元を見出すとともに、諸元からの損傷発生条件の推定など新たな知見や規則性を得る。	トンネル	
D社	第三者被害の観点より、点検データ等における損傷発生傾向を踏まえ、優先順位を明確にした点検・補修計画を策定する。	「RC床版」に関する経過年数、損傷内容や損傷部位と他の条件との関係性を分析し、各地のRC床版で損傷が発生する時期、内容を推定する。	橋梁-RC 床版	橋梁・道床グループ
E社	道路橋の床版/桁を対象とし、健全度評価モデルによる状態把握と点検/補修計画立案の効率化を図る。	健全度推定モデルを構築するとともに、健全度推定の根拠情報を提示することにより、対策優先度判定における理由付けを強化する。	橋梁-RC 上部工	
F社	現状の劣化状態の把握に応じた点検/補修計画の立案を行い、効率的かつ効果的な点検・補修作業の実施を図る。	道床の劣化発生または補修工事の実績とその期間に着目し、劣化状態とその他条件等の関係性から道床変状箇所の抽出を行う。	道床	

<データ分析/実施の方法>

- ◆ 基礎的な可視化手段も含め、インフラ管理分野で有効と思われる傾向分析手法を「統計的傾向分析」、「時間的傾向分析」、「地理的傾向分析」の3種に類型化した。
- ◆ 多変量解析等を中心とした推定だけでなく、データの構造を分析するルール抽出もインフラ維持管理分野では有効であると考え、「ルール抽出」と「推定」双方の分析手法について類型化した。

表 データ分析手法の類型化例

区分	分析の目的	目的変数 (従属変数)	手法		
			量的	質的	質/量混合*
統計的傾向分析	値を把握	なし	・表可視化(個々の値を把握)、・統計量算出(代表値を把握)		
	データ分布を把握		・散布図、・ヒストグラム(度数分布を把握)		
地理的傾向分析	空間分布を把握		・路線傾向把握(路線上の分布を把握)、・地図可視化(地理的分布を把握)		
時間的傾向分析	時間変遷を把握		・時間傾向把握(時間変遷を把握)		
ルール抽出 (探索的データ分析)	データの相関/共起を調べる	なし	・相関図 ・相関係数 ・因子分析	・クロス集計 ・アソシエーション分析 ・ベイジアンネットワーク	・統合多重相関分析
	データの相違を調べる (仮説検証)		・t検定(対応の無い2変数) ・F検定(2変数) ・分散分析(3変数以上)	・カイニ乗検定(2変数間/3変数以上)	
	データ削減(縮退/要約)		・主成分分析(PCA)		
	類似性評価/クラスタリング		・クラスター分析 ・数量化IV類	・数量化III類	
推定 (多変量解析/機械学習)	量の推定 (回帰)	あり	量的	・重回帰分析	・数量化I類 ・統合重回帰分析
	質的推定 (判別/識別)		質的	・判別分析 ・決定木分析 ・SVM	・数量化II類 ・アソシエーション分析 ・bias補正混合判別予測

<解釈/評価の方法(質の推定における例)>

- ◆ 2つの値(クラス)への判別結果の正答/誤答の評価においては、混同行列を用いる。
- ◆ その上で、混同行列の各セルの値から求める性能評価指標(右表)により性能を評価する。業務応用の目的に合わせて、適切な指標を選択し、評価を行う。

表 混同行列 (Confusion Matrix)

		推定や判別の結果	
		正と推定 (P:Positive)	負と推定 (N:Negative)
真値	正例 (P:Positive)	TP: True Positive (Pと推定して 正解)	FN: False Negative (Nと推定して 不正解)
	負例 (N:Negative)	FP: False Positive (Pと推定して 不正解)	TN: True Negative (Nと推定して 正解)

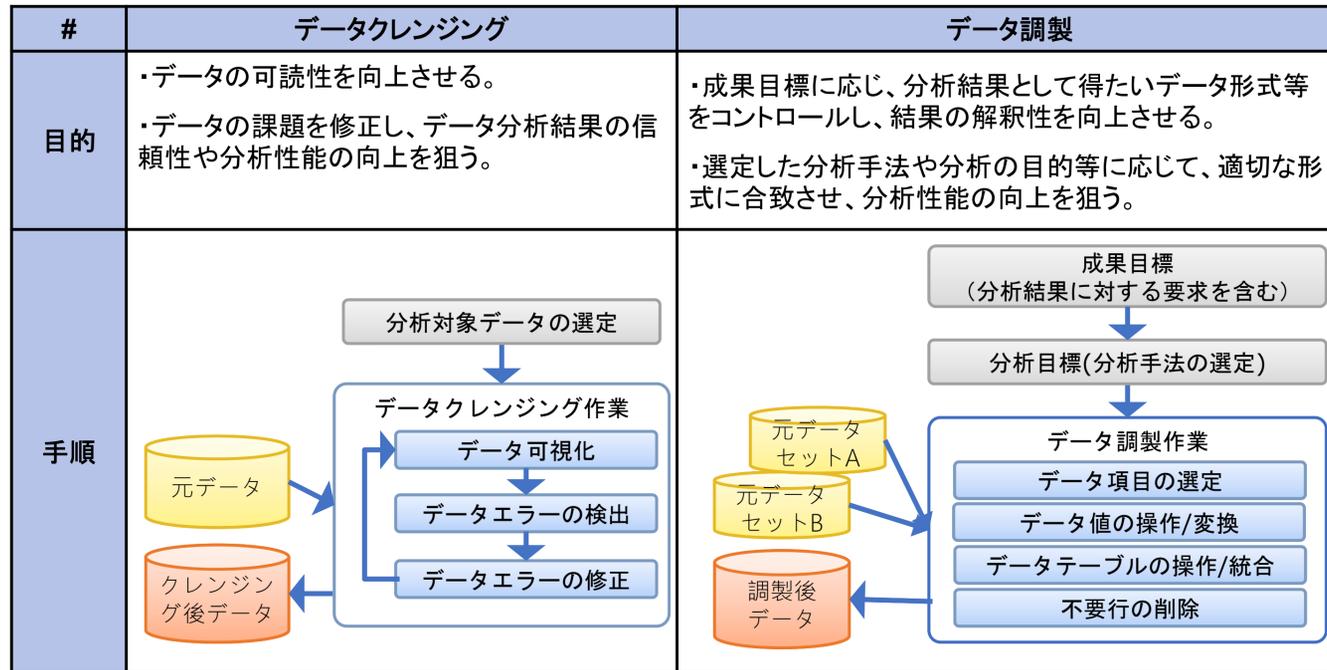
表 判別における性能評価指標の例 (混同行列に含まれる項目を用いて算出)

評価指標	算出方法	説明(直観的理解)
発見率 (検出率, Recall)	$TP / (TP + FN)$	変状ありをどれだけ取りこぼさず見つけられるかを評価する指標。
回避率	$TN / (FP + TN)$	変状なしをどれだけ正しく見つけ、無駄な点検を回避できるかを評価する指標。
見逃し率	$\frac{(\text{発見率} + \text{回避率})}{2}$	変状なしと推定したが、実は真値を確認すると変状ありだったという割合。
平均含有率	$TP / (TP + FP)$	取りこぼしの無さと、無駄な点検を回避する効率性とのバランス。
精度 (Precision)	$\frac{2 \times \text{精度} \times \text{発見率}}{(\text{精度} + \text{発見率})}$	変状ありの正答率。
F値 (F-measure)	$TP / (TP + FN)$	正答率と、取りこぼしの無さとのバランス。

データの品質を調べ、データ分析の目的に応じたデータ調製を行い、分析に適したデータセットを準備する。

<「データクレンジング」と「データ調製」>

- ◆ **データクレンジング**: データ分析の信頼性や精度向上のため、データに含まれるエラーを修正する操作。また、データエラーを排除することで、データ自体の機械可読性も向上する。
- ◆ **データ調製**: 成果目標や分析目標に応じて分析用入力データを適切に整形することで、分析結果の精度や解釈性を向上させる。適用する分析手法に応じたデータ形式等の整形を行う。



<データ品質と主なデータ課題>

◆ データ品質の評価基準

#	項目名(英語表現)	説明
1	完全性(Completeness)	データ値の欠損の有無、あるいはデータ値の登録率(充填率)に関する評価基準。
2	正確度(Accuracy)	データの値が表現対象の実状態とどれだけ近いかを示す評価基準。
3	整合性/一貫性(Consistency)	データ値の整合性や一貫性があるかどうか。
4	適時性(Timeliness)	データ値が古すぎて、実態と異なっていないかどうか。
5	唯一性(Uniqueness)	唯一性が担保されるべきデータについて、唯一にしか存在しないかどうかを表す評価基準。
6	精度/再現性(Precision)	主にセンサデータなどにおいて、記録されたデータの再現性/バラツキを示す評価基準。
7	有用性(Usability)	データに必要な時にアクセスできるか、データの可用性に関する評価基準。

◆ 主なデータ課題例

データ課題名	インフラ維持管理におけるデータエラー具体例
データの欠損/外れ値	値が空欄(データ欠損)。他の値に比べ明らかに異なる値(特異値/外れ値)。
データの意味合いが混在	判定基準の仕様変更等により、値の表現が混在(B判定, A3判定等)している。
データ型/形式	数値に文字が混入。値の型不一致による桁落ち(135.2346578→135.2346)。
スケール/単位	小数点の抜け/位置の誤り。単位が異なる(cmとmm)。
データ配置	値が隣の列や別の列にズレて登録されている。
表記ゆれ/表現の不整合	埼と崎、ICとiC、Aとa、(1)と(1)、半角と全角スペース、等。
データ省略表記	木村古館橋→古館橋
複数の値が共存	カンマ区切り(A, B)や、範囲指定(078~090)等、一つのセルに複数の値が存在。
重畳データレコード	重複を許さない橋梁諸元データレコードが、同じ橋について複数登録されている。
自由文での記録	損傷の規模や程度、現場での所感等の補足情報が、自由文で入力されている。
データの機械可読性	点検記録や図面が、紙の台帳やPDF、画像データで管理されている。

<データクレンジングの例>

- ◆ インフラ維持管理におけるデータは、実務者による手動での登録も多く、値に実務上の暗黙知が存在する場合や、所定の形式と異なる値の登録、値の表現の揺れなどの課題が顕著である。可視化手法等を駆使しデータエラーを検出し、業務を理解した上でのエラーの修正が必要である。

#	データエラー項目	インフラ維持管理における具体例	課題	データエラーの検出手法(例)	データエラーの修正・対応手法(例)
1	データの欠損/外れ値/異常値	「経過年」のデータ項目に「0」などの外れ値(値域外なら異常値)が存在。	平均値などの統計量や、分析結果にも影響大。	データ値のグラフ目視 最大・最小等の基本統計量の確認	データ内容を確認した上で特異値を修正。修正困難の場合には、値や変数の除外を検討。
2	データの欠損	「防水対策有無」の項目に空欄が有る(空欄以外の値は、0または1)。	「空欄」は暗黙的な意味を持つ場合がある。	MSエクセルの「フィルタ機能」の活用	他の台帳やDBを調べ、欠損値を再登録する。 データ管理上の暗黙ルール(空欄=防水工有)を調べ、空欄を代替値で修正。
3	データ型/形式	路線形状を示す「座標値」に、何力所か特定の値が見られる。	操作の途中で、座標値(小数点以下7桁)が桁落ち。	座標値を地図上に表示 データ値のグラフ目視	欠損箇所の両端の隣り合うデータ(最近傍データ)の値を用いて、値を補間(2つの値の間の値を算出)する。
4	複数の値が共存	「1.02, 5.34」や、「0076~0089」など、複数の値が一箇所に登録されている。	数値データとして扱えず分析に不適。	区切り文字の検索や値の分割の自動処理	範囲で示されている場合には、間の値を新たなデータレコードとして登録する。
5	表記ゆれ/表現の不整合	事務所毎/システム毎/DB毎のローカル表現による差異(黒崎橋と黒崎橋)や、建設時と供用後の表現の差異が存在。 大・小文字(判定aと判定A)、半角・全角(iCとiC、(1)と(1))等の例がある。	本来同じ意味を持つ値が別々の値として扱われることで、分析の整合が取れず、分析性能ならびに分析結果の解釈性が低下。	MSエクセルの「重複の除去」、「フィルタ機能」の活用 複数のデータテーブルを統合する作業時に対応する項目が無い値として発見される。	値のゆれを吸収するため、値同士の対応を定義する辞書データを作成。 値の変換により値の揺れを解消するか、あるいは、値の読み出しの都度、辞書を参照し値の読み替えを行いながらデータを運用する。

<データ調製の例>

- ◆ データ調製の例として、現場や工学知見に合う説明変数選定、業務における管理単位に合わせた値のカテゴリ化や集計、複数の台帳データテーブルの統合等があるが、いずれも、分析結果の業務における活用方法をふまえ、分析の目的に応じた処理を適用することが重要である。

#	データ調製項目	目的	実施例
1	データ項目の選定	分析性能や解釈性の向上 データ量の削減による分析負荷の低減	データテーブルから次のような項目を削除する:「分析目的に合致しないデータ項目」「完全性の低い(空欄率が高い)」「値がデータレコード毎に固有でユニーク数が多すぎる」「重複する項目」。
2	質的データの数値化	質的データを数値に変換し、分析ツールで扱える形式にする。	「補修有り」という値(質的データ)を1や0の数値(量的データ)に変換する。 劣化度大・中・小などの質的データを4・2・1などの数値に変換する。
3	数値の変換	分析や解釈に適した形式に数値を変換する	「建設年度」を建設時からの「経過年」に変換し、新たな変数を作成する。 「線形半径」データは、直線区間では無限大となるため値が登録されていないが、数値を逆数に変換することで「直線」を0で表現し、分析で扱えるようにする。
4	データ値のカテゴリ化	似たような値をグループ化して分析性能や解釈性を向上する。	分析に対して値の表現が細かく分かれすぎている場合などに、分析の粒度にあわせて複数の値をグループ化する。 「張出し部(右)」と「張出し部(左)」をどちらも同じ「張出し部」に変換する。
5	集計単位の調製	データを把握する集計単位を解釈に合う粒度に変更する。 集計単位の異なるデータテーブルを統合する。	路線に沿って存在する変状について、5m毎に、発生件数を集計する。 データ取得、記録単位の異なるデータテーブル間で、片方のデータテーブルの集計単位に合わせ、他方のデータテーブルの値を集計する。
6	データテーブルの操作/統合	異なるデータセットを統合して分析する。	複数あるデータテーブルを統合し、単一の分析用データテーブルを作成する。その際、データテーブル間に共通する変数を見出し、データレコード同士を対応付ける。 例えば、「位置情報(キロ程)」や「台帳番号」、「橋梁名・橋脚番号の組」など

対象構造物や業務毎にデータの形式や特性が異なるため、データの意味や分析の意図をふまえた個別の対応が必要。

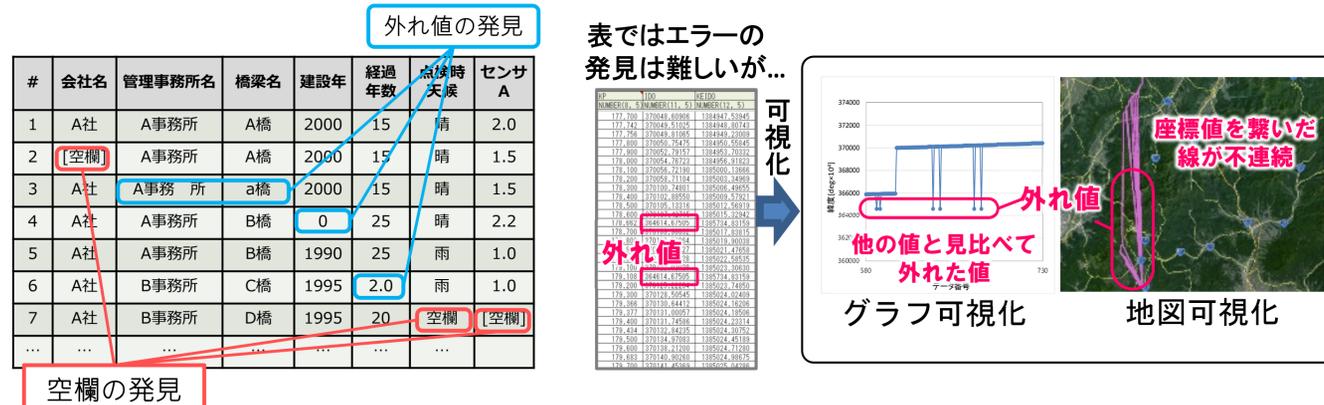
<データクレンジングの具体例①>

◆対象課題

➢ データ値が空欄になっている。あるいは、外れ値が存在する。

◆データエラー検出と修正の例

- データテーブル(表)の活用は、最も基本的と言えるデータエラーの検出手法である。データエラーの混入傾向を把握し、エラー修正の処理(ソフトウェアプログラム等)を作成し対応する事も可能。
- エラー検出作業においては、表計算ソフトウェアの「フィルタ機能」等の活用も有効である。
- あるいは、データ値をグラフ等で可視化することによる外れ値検出も有効である。図bでは、座標値に外れ値が混入した例を示しており、グラフや地図上への値のプロットによる外れ値の明確化を行った例である。このような外れ値については、両端の隣り合うデータ(最近傍データ)の値を用いて値を補間(2つの値の間の値を算出)することで値の修正が可能な場合も有る。



図a 表によるデータエラーの検出

図b グラフや地図可視化によるデータエラーの検出

<データクレンジングの具体例②>

◆対象課題

- 複数のテーブルデータに対応付ける際に、同じ意味の値に対して、複数の異なる表現が存在した。
- 異なる管理主体(自治体の差異、事務所の差異など)により情報の表現形式が異なる場合があり、個々の台帳やシステム毎のデータ値の揺れの解消は、データクレンジングの重要な課題である。
- 値の自由入力を許可しているデータ項目では、値の揺れは、さらに顕著な課題となる。

◆データエラー検出と修正の例

- データの基本的なユニークリストを、諸元やマスタ等から作成し、これを基本辞書とする。基本辞書に合致するデータを除外し、該当しないデータ値を抽出しデータ値のユニークリストを作成し、値を具体的に目視し調べる。
- また、値の揺れを解消するだけでなく、値の揺れが混入する要因を考察し、改善を検討する。

表 データ値の揺れに対するクレンジング用データ値辞書例

変状種類				道路種別			
#	データ値	値の揺れ(バリエーション)	値のユニーク数	#	データ値	値の揺れ(バリエーション)	値のユニーク数
1	ひび割れ	ひび割れ, ひびわれ, 06:ひび割れ	3	1	地方主要道	地方主要道, 主要地方道	2
2	土砂詰まり	土砂詰まり, 土砂詰り, 24:土砂詰まり	3	2	一般都道府県道	一般都道府県道, 一般県道, 県道	3
3	漏水	漏水, 19:漏水	2	3	一級市道	市道1級, 1級市道, 1級市道, 一級市道	4
4	剥落	はく落, 剥落	2	4	町道その他	町道その他, その他町道, その他の町道	3
...

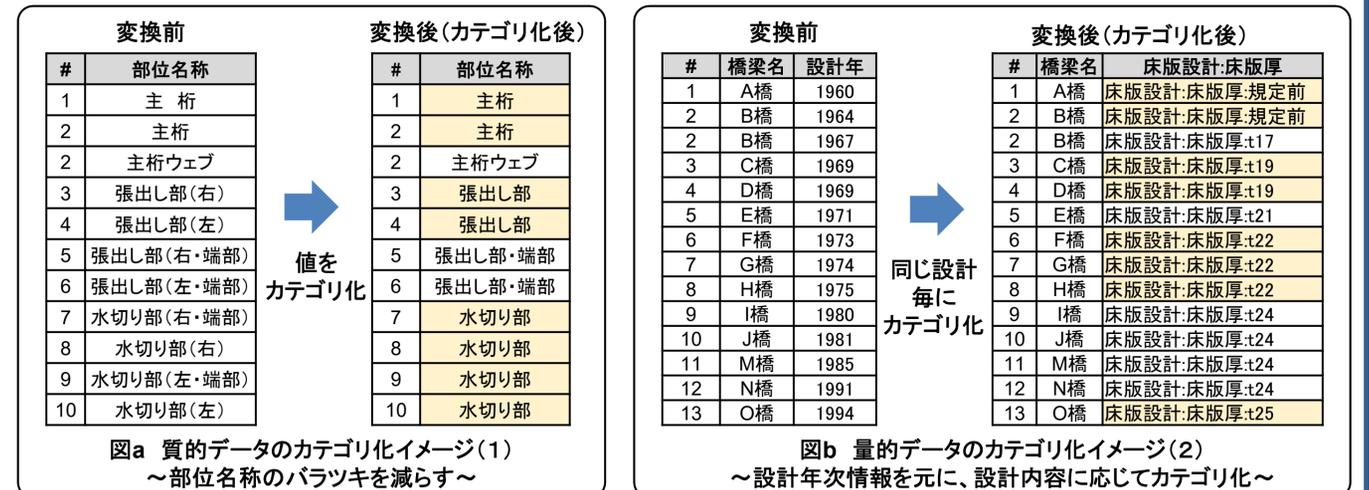
<データ調製の具体例①>

◆調製の目的

➢ データ値の種類が多すぎる場合に、複数の値を一つにまとめカテゴリ化を行う。業務知識を反映して適切にカテゴリ化することにより、分析精度の向上や、結果の解釈性の向上も見込める。

◆調製の手順と効果

- 元値に対し、新たな値で代替する。値の変換表を準備し、変換作業を適用する。
- 下左図の例では、変状のある部位の名称について、分析に際して、分割単位が細かすぎる値をカテゴリ化している。これにより、データ値のユニーク数を減らし、結果の解釈性を向上させる。
- 下右図の例では、設計年データから、同じ設計を示す値毎にカテゴリ化している。これにより、設計年としての連続した数値情報だけでは得られない設計基準の変化情報を持つデータとする。



<データ調製の具体例②>

◆調製の目的

➢ 元データでは、変状発見箇所毎に、変状位置(キロ程)と変状情報が記録されている。路線上の変状発生傾向として、実業務の管理単位である5m毎の変状発生状況を把握する。

◆調製の手順と効果

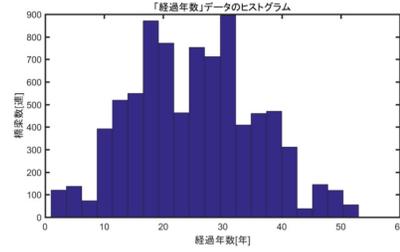
- 下図aの左表の元値に対して、変状位置のキロ程情報を元に5m毎の変状件数を集計し図a右表とする。データ調製の結果により、実業務の管理単位に見合った5mピッチの値によりグラフ化(下図b)が可能となるとともに、変状種類毎の件数を加味した分析が可能となる。



傾向分析により、劣化の分布や周囲環境との関係などの特性を把握し、さらなる分析や結果の解釈に繋げる。

<統計的傾向分析>

- ◆ 統計的傾向分析とは、統計量をグラフなどで表示することにより、データが有する全体的な傾向を把握する分析手法である。(社会連携講座で定義)
- ◆ データの全体的な傾向を可視化することで、データの分散や集中箇所等を把握し詳細な分析のための方向付けを行う。
- ◆ 具体事例①: データのヒストグラム(出現頻度分布)を描き、頻出事案の傾向を探る(右図a)。
- ◆ 具体事例②: 注目する条件(例えば路線・時季・時間)毎に、値の平均・分散を算出し、データ出現の集中する箇所を把握する(右下図b)。

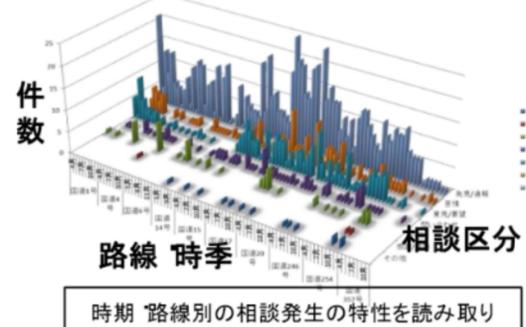


図a ヒストグラムの例(経過年数毎の度数)

表 統計量の具体例

統計量の例	説明
平均値	データの総和をデータ数で割った値。
中央値	データを大小順に並べ中央に位置する値。
最頻値	出現頻度の最も高いデータ。
分散/標準偏差	データのバラツキを示す数値。
最大/最小値	データの最大値/最小値。
範囲	データの最大値と最小値との差分。
尖度/歪度	データ分布の尖り度合い/非対称性を示す値。

件数・内容と路線・時期との関係を表示



図b 時期・路線別の道路に係る相談件数

<路線変状分布>

- ◆ 変状等のデータを路線方向にグラフ描画することで、路線に沿ったデータ分布に基づき、変状や補修実績等の集中箇所や特異箇所を直感的に把握できる。
- ◆ 下図の例では、変状集中箇所を抽出し業務知識に照らした気づきを得るため、路線方向での100m単位の変状発生密度分布と、保有データの中から選定した変状発生要因の可能性がある情報(工法、河川下等)とを重ね合わせ、路線の全体的特徴を可視化した。

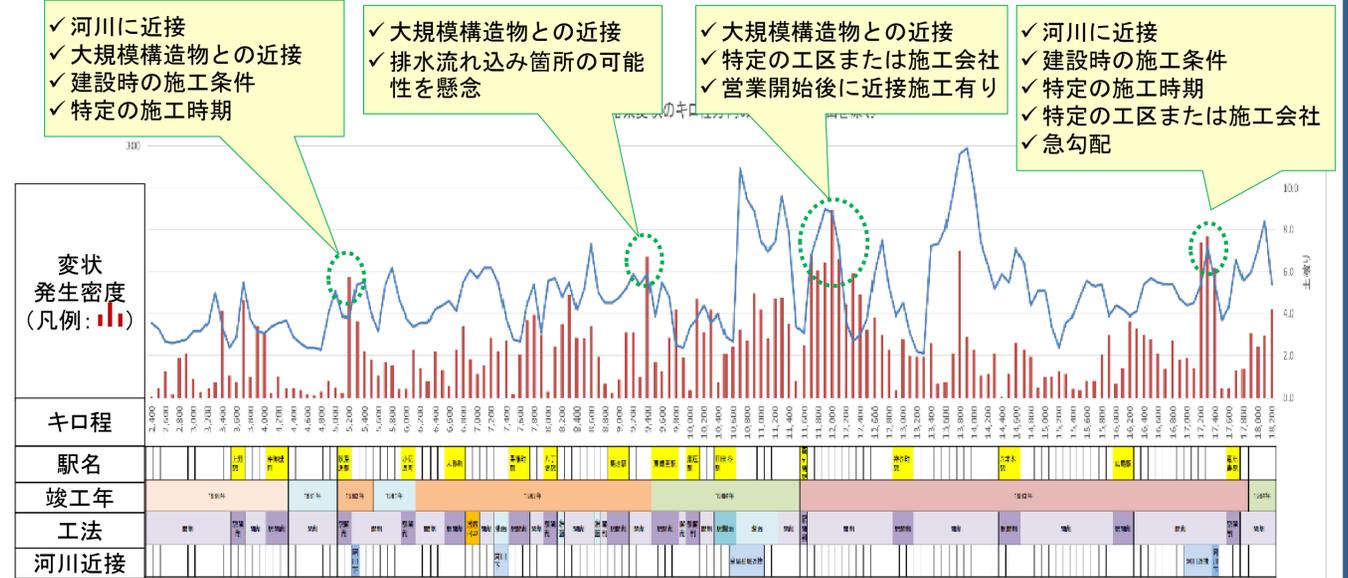


図 路線変状分布図の例: 変状発生密度の分布と他データとの関連性の把握(イメージ)

<時間的傾向分析>

- ◆ 不良ランクの劣化傾向のグラフ描画
 - 2003年、2006年、2009年、2012年の4年分の点検データを対象として、年毎の構造物の「不良ランク」値をグラフにプロットした。不良ランクの変遷を直線近似することで、不良ランクの経時的変遷についての遅速傾向の把握を試行。
- ◆ 時間的変遷パタン分類
 - A~Eの不良ランクの変遷を非線形なパタンとしてとらえ、パタンの発生件数を調査した。下表の結果から、不良ランクがDまたはEに進展している例は、変遷パタンB-D(件数23件で表中6位)、C-D(件数5件で表中10位)、C-C-D-D/C-D-D-D/C-E-E-E(いずれも件数2件で表中15位)であった。そのうち、点検間隔である3年の間に2段階進展している例は、変遷パタンB-DとC-E-E-Eであった。

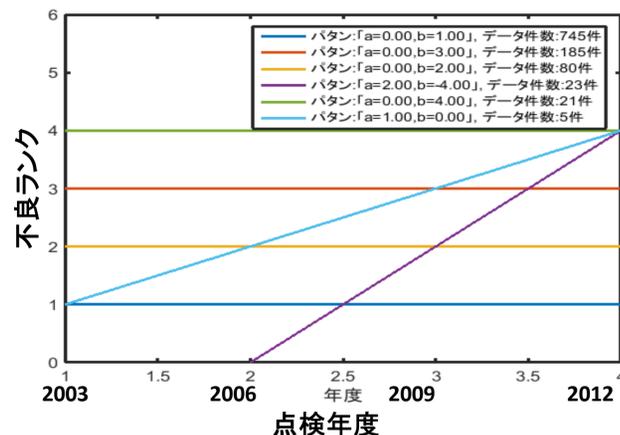


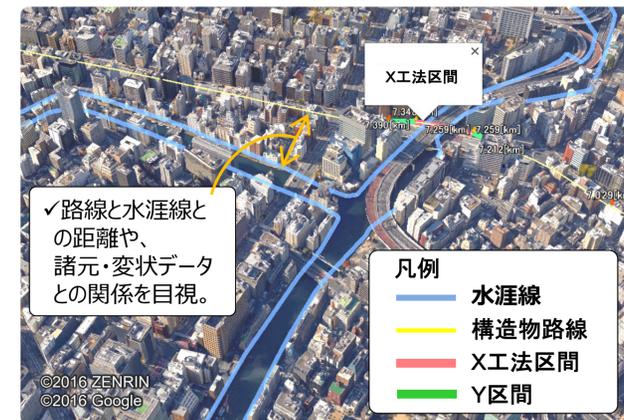
図 不良ランクの劣化傾向のグラフ描画例

表 不良ランクの時間変遷パタンの例(上位10位迄)

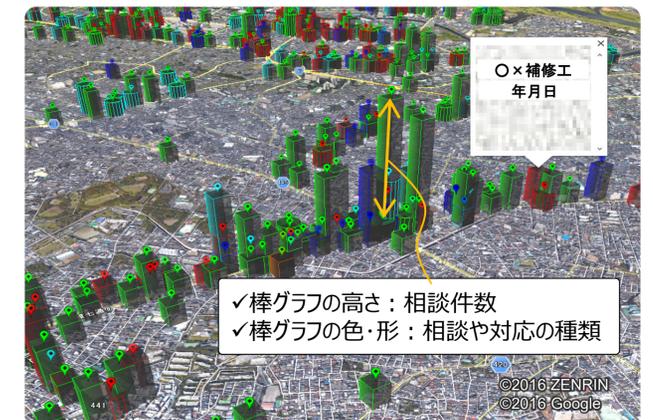
発生頻度順位	変遷パタン	発生件数	D/Eに進展	2段階進展
1	A-A-A-A	617		
2	C-C	183		
3	A-A	110		
4	B-B	48		
5	B-B-B-B	28		
6	B-D	23	○	○
7	A-A-A	18		
8	D-D	17		
9	C-B	8		
10	C-D	5	○	

<地理的傾向分析>

- ◆ データの地理的分布傾向の把握のため、対象データに座標等の位置情報を付与し、地図上にプロットし、視覚的な確認を行う手法。例えば、地下構造物等に於いて、河川等の地上環境との関係などを把握し、詳細なデータ分析のための方向付けを行う。
- ◆ 構造物や平面的な分析だけでなく、標高や地下深さ等、3次元的な関連性を分析する事も有効。
- ◆ 具体事例①: 点検結果の変状データと水涯線データとを地図上に重畳表示し、両データの分布に基づく地理的な相関傾向を把握する(図a)。
- 具体事例②: データの出現頻度値を路線に沿って求め、地図上に表示(ヒストグラムの地図表示)し、データ出現の集中する場所を把握(図b)。



図a データと水涯線との距離の地図上での傾向把握



図b 路線毎の相談発生件数を地図上に表示し俯瞰

データに対する統計や確率に基づいた分析結果に対する考察を通じ、業務活用の方向性を発見する。

<主成分分析>

- ◆ 主成分分析は、データの分散最大化を基準として、データの特徴を説明する合成特徴(主成分)を求める。多次元のデータ項目間の相関を排除し、少数個の無相関な合成変数に次元の縮退(少ない次元に要約)する目的でもよく用いられる。
- ◆ 主成分分析では、分析対象データの特徴付ける成分(n個の説明変数の複合ベクトルで表現される)を主成分として取り出すことが可能である。

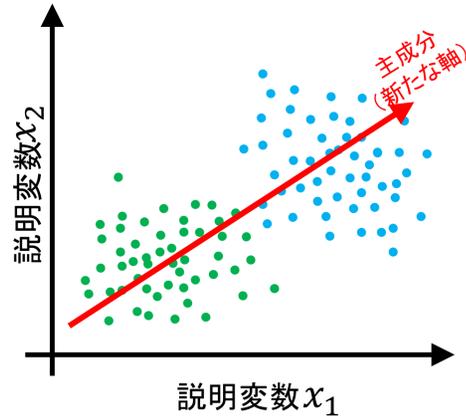


図2 変数の合成による新たな主成分軸

多次元な説明変数を持つデータ群を、少ない次元でデータ群の特徴をとらえたい。そのような場合に、主成分分析を用いれば、いくつかの変数をひとまとめにした(複合的な)新たな次元(軸)が得られる。

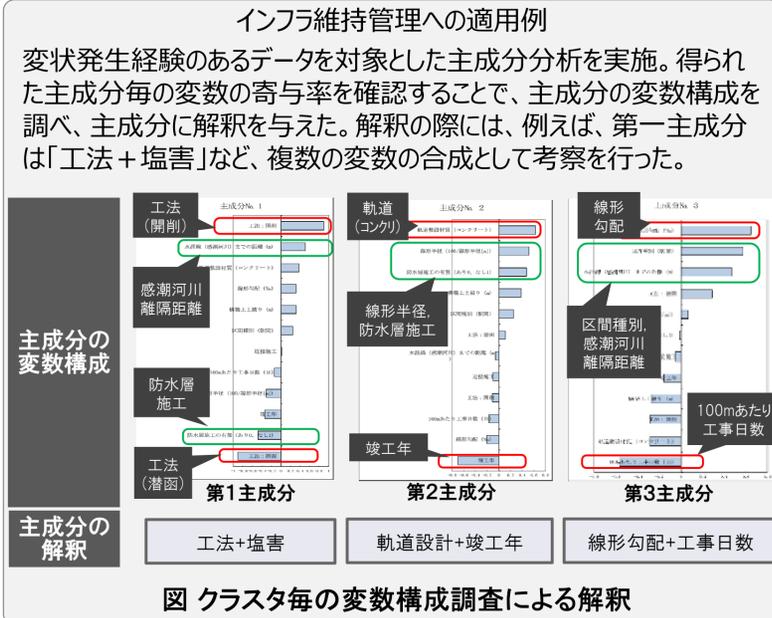


図 クラスタ毎の変数構成調査による解釈

<ベイジアンネットワーク>

- ◆ 複数の変数間の依存関係をベイジアンネットワークモデル(BNモデル)により、可視化する分析手法。BNモデルは、「条件」と「結果」の関係性を「ネットワーク図」と「条件付き確率」という形で可視化したもの。
- ◆ 今回の分析では、点検データおよび関連データにおける各種諸元を「条件」として、点検結果による不良有無や損傷評価ランクを「結果」とした場合に、『入手したい「結果」に繋がる「条件」』や『ある「条件」から発生する「結果」』を確率として、予測する。

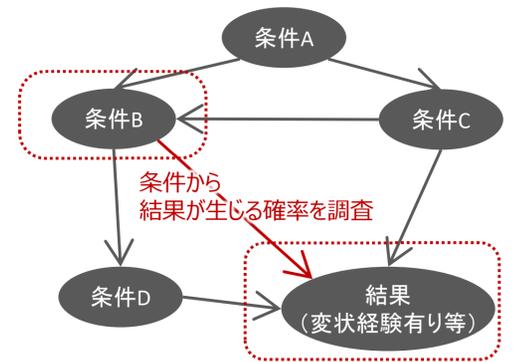
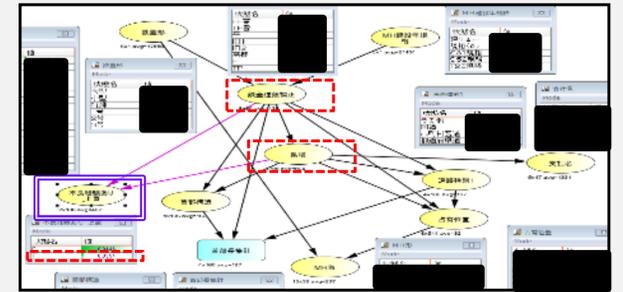


図 ベイジアンネットワークの可視化イメージ

インフラ維持管理への適用例

点検データや諸元データを説明変数とし、ベイジアンネットワークモデルによる可視化を行い、説明変数間の依存関係を調査した。



目的変数(不良経験有無)が変動した場合の説明変数の分布割合の変動を調べ、BNモデル構築における影響度の高い説明変数を抽出

確率推論結果における説明変数の変化	上蓋不良経験がある場合に、ない場合と比較して多かった項目	※不良経験ありで多かったものの数値		
		初期割合	不良経験あり①	不良経験なし②
① 鉄蓋種類補正	が多い	11.03%	33.91%	9.73%
② 支社名	が多い	13.75%	27.74%	12.96%
③ 鉄蓋形	が多い	67.16%	75.58%	66.65%
④ 県域	が多い	3.29%	12.58%	2.79%
⑤ 首部構造	が多い	20.64%	24.67%	20.43%
⑥ 道路種別1	が多い	31.45%	34.21%	31.26%
⑦ MH建設年規格	が多い	62.05%	63.51%	61.97%
⑧ 占有位置	が多い	48.29%	49.45%	48.25%
⑨ 首部長集計	が多い	26.98%	27.71%	26.92%
⑩ MH形	が多い	75.79%	76.58%	75.75%

<クラスター分析(クラスタリング)>

- ◆ 対象とするデータを説明変数としてデータレコード同士の類似性を調べ、部分集合(クラスタ)に分割する手法。分割により得られた部分集合は、クラスタと呼ばれる。

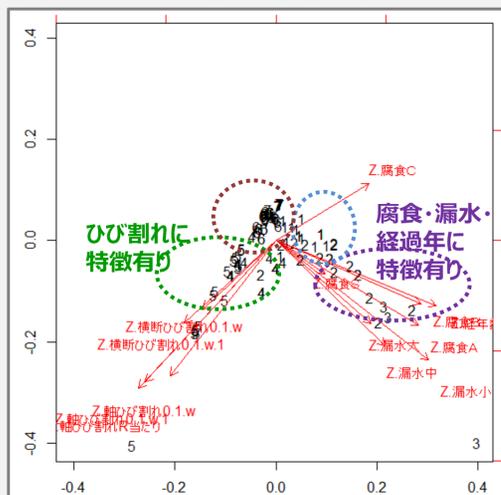
インフラ維持管理への適用例

クラスタ毎の説明変数の構成を表により確認することで、分析により得られた個々のクラスタの特徴を把握し、クラスタの解釈を行った。下図の例では、トンネルのはく離はく落発生区間を対象とした分析において、例えば、「CL5のクラスタは潜函工法でコールドジョイントの多い区間」である事や「CL7のクラスタは構造変化点を多く含む漏水系変状が多い区間」である事などが抽出された。

クラスタ番号	データレコード件数[件]	変状(クラスタ内平均値)										構造/環境(該当条件がクラスタ内に占める率) [%]														
		側壁										軌道敷設					100m工事					近接施工				
		剥離剥落系	ひび割れ	補修面積	漏水系変状	ジャンカ	コールドジョイント	ハラス	コンクリ	構造変化点	線形勾配	100m工事	近接施工	開削	潜函	線形半径	感潮河川距離									
-	525	0.4	14.8	0.1	3.3	3.4	5.3	0.2	4.8	18	82	10	35	3	3	91	8	35	11							
CL1	127	0.3	13.0	0.0	2.0	3.2	4.8	0.4	4.6	2	98	6	29	0	0	100	0	40	0							
CL2	104	0.2	10.8	0.0	2.1	1.6	4.3	0.2	4.8	0	100	8	16	0	0	100	0	0	0							
CL3	78	0.6	16.0	0.1	4.0	1.0	3.8	0.1	3.0	0	100	3	69	0	0	100	0	13	0							
CL4	59	0.4	26.8	0.0	4.9	0.9	4.9	0.1	6.8	100	0	10	42	0	0	100	0	92	2							
CL5	42	0.4	11.8	0.1	4.7	8.9	3.8	0.2	7.9	10	90	12	48	0	0	100	0	74	12							
CL6	36	0.8	16.0	0.1	3.1	6.2	5.9	0.1	2.8	19	81	8	8	0	0	100	0	58	81							
CL7	29	0.9	8.7	0.1	3.1	2.3	15.5	0.1	5.4	7	93	62	28	0	0	100	0	21	7							
CL8	18	0.2	21.8	0.2	8.9	16.5	5.6	0.1	2.8	100	0	6	89	0	0	94	0	28	89							
CL9	15	0.2	12.2	0.5	2.5	3.7	7.8	0.4	5.5	0	100	7	7	100	7	87	13	13	0							
CL10	13	0.3	15.0	0.0	1.8	3.9	3.6	0.1	4.2	0	100	0	15	0	100	0	23	0								

図a 説明変数構成の確認によるクラスタの解釈

個々のデータをクラスタレベルで付記し、グラフにプロットした。その結果より、「ひび割れに特徴のあるクラスタ」や「腐食/漏水/経過年に特徴のあるクラスタ」などの解釈を行った。



図b グラフへのプロットによるクラスタの可視化と解釈

<統合多重相関分析+>

- ◆ 質的データと量的データが混在するデータに対して、データ相互の関連性を比較することを目的とした分析手法。膨大なデータ項目とデータ量から、目的変数に対する説明変数の相関を算出する他、説明変数間に生じる相関も算出が可能である。
- ◆ 関連性があるデータ項目同士を結んだネットワーク図により可視化が可能である。(図)
- ◆ 値の性質により、相関の算出手法を選択し、相関算出手法間の相関値換算を行う。(表)
- ◆ 特定のカテゴリ値の組合せに偏りがある場合等では、結果の信頼性低下に注意が必要である。

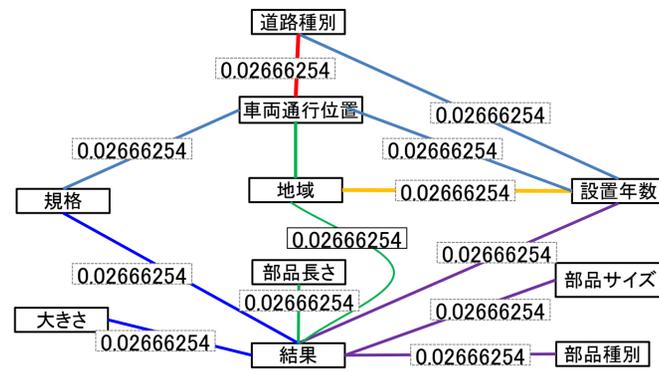


図 要因関連図(例)

表 相関算出手法の選択

値の性質	算出基準		
	質的値	順序数	量的値
損傷有無等の質的変数	連関	Friedman	相関比
損傷ランク等の量的変数	Friedman	順位相関	順位相関

インフラ維持管理への適用例

高速道路橋床版の損傷有無に対する説明変数との関連について、統合多重相関分析により寄与を調べた。

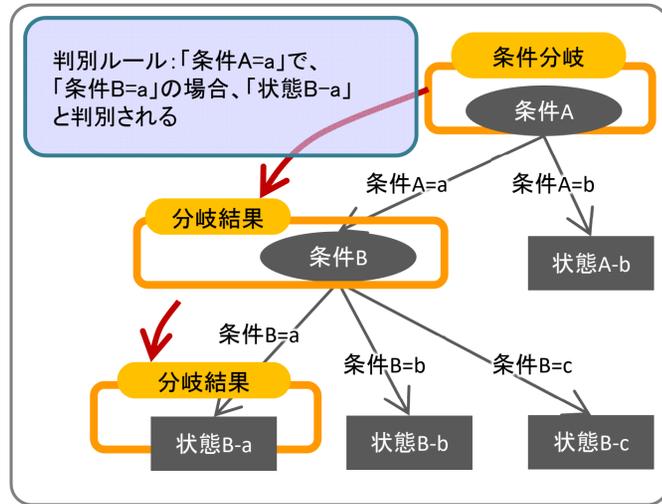
#	データ項目	データ種別	寄与
1	高架下条件	質的	0.455
2	点検種別	質的	0.376
3	点検名	質的	0.363
4	上部工形式	質的	0.299
5	床版種類	質的	0.166
6	路線名	質的	0.161
7	親切適用基準	質的	0.114
...

#	データ項目	データ種別	寄与
1	年度	量的	0.086
2	橋梁経過年数	量的	0.015
3	主桁最大高さ	量的	0.014
4	累積大型車交通量[千台]	量的	0.014
5	主桁最小高さ	量的	0.014
6	累積全車交通量[千台]	量的	0.013
7	平均累積大型車混入率[%]	量的	0.011
...

推定や判別においては、手法によって分析性能や結果の示し方が異なる。目的に応じて、最適な手法を選択して分析を行う。

<決定木分析>

- ◆ 説明変数の値に基づいたif-thenルール(条件分岐)を教師有り学習により構築する手法。判別・予測のモデルを、決定木と呼ばれる木構造のモデルにより表現できるため、条件分岐の過程を通して、分析結果の解釈を行いやすい特長がある。
- ◆ 例えば、変数Aに着目した判別ルールとして「条件A=bであれば状態A-bに遷移し、条件A=aであれば他方の状態に遷移する」といった条件分岐を、決定木の葉と枝で表現する。(下左図)



図a 決定木分析の判別ルールのイメージ

インフラ維持管理への適用例

トンネル壁面の空洞発生危険度の条件を決定木により分析し、諸元等の変数を用いた条件分岐による判別ルールで表現した。

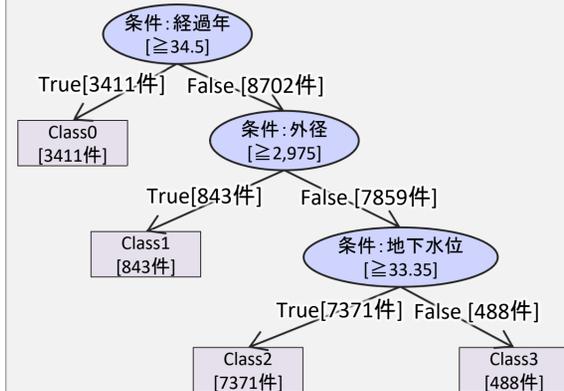


図 決定木分析によるコンクリート構造物空洞発生危険度に関する判別ルール

<重回帰分析>

- ◆ 一つの変数を複数の変数の式で説明する分析手法。対象データが量的データの場合に適用し、将来状態の予測等を行うことができる。
- ◆ 判別分析は2値分類問題に適用するが、重回帰分析では、分析目標が2値ではなく連続した変数の場合に適用が可能。

複数の説明変数 $x_j (j = 1, 2, \dots, N)$ を入力変数とする回帰式により、目的変数 y を求める。

$$\text{回帰式: } y = a_0 + \sum_{j=1}^N a_j x_j, \quad j = 1, 2, \dots, N$$

$$= a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_N x_N + c$$

- y : 目的変数
- x_j : 説明変数
- a_j : 回帰係数(データ毎の寄与に關与)
- c : 定数

図 回帰分析(単回帰/重回帰分析)のイメージ

インフラ維持管理への適用例

トンネル上床のはく離・はく落変状発生について、諸元データや過去の変状データを説明変数とし、重回帰分析により、回帰式を得た。質的変数は、全て数値に変換しており、回帰係数により、変数毎の寄与を大まかに把握できる。

式 回帰式(例)

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_6 x_6 + c$$

表 回帰式の構成(例)

入力(説明変数)		回帰係数	
変数名	記号	記号	値
建設初期補修面積[m ²]	x_1	a_1	0.010
劣化補修面積[m ²]	x_2	a_2	0.013
漏水系変状[m]	x_3	a_3	0.013
区間種別(0:駅/1:駅間)	x_4	a_4	-0.061
線形半径[m]	x_5	a_5	-0.022
防水層施工有無(1:有/0:無)	x_6	a_6	0.052
—	—	c (定数)	0.130

<損傷予測寄与分析[†]>

- ◆ 質的データと量的データが混在する説明変数と、目的変数との関連性を比較することを目的とした分析手法である。
- ◆ 説明変数を用いて目的変数を予測する判別分析結果を用いて説明変数毎の寄与度を算出する。説明変数は質的データと量的データの異なる性質が混在しているため、判別分析として量的値については正準判別分析、質的値については数量化理論Ⅱ類を用いる。

- ◆ データ全体の中で必要なデータ項目が抽出できる点や、量的データ項目と質的データ項目間の寄与度を比較できる点、さらにデータ全体の寄与がわかるなどの長所を持つ。ただし、単独としては関連性が高いデータ項目であっても、予測が他のデータ項目の組合せで代替できる場合、寄与度が低く算出される場合がある点に留意が必要。

寄与算出

- 判別分析: 各データの線形結合(判別間数)の値(判別スコア)の正負で結果を判定(予測)する。
- 判別関数のデータに対応する項の変動の大きさが判別スコアへの影響力となる。
 - 量的値の場合: 項 = 判別係数 × データ
 - 質的値の場合: 項 = 質的値に相当する判別係数
- 寄与 = 判別係数 × データの標準偏差(量的値)。
- 寄与 = データ値毎の判別係数をデータ値と見做した場合の標準偏差(質的値)。

インフラ維持管理への適用例

道路橋床版のはく落変状発生に対し、損傷予測寄与分析を用いて変数毎の寄与度を調査。

順位	データ項目名	寄与度	データ項目のタイプ
1	路線名	0.921278	質的
2	床版補強要因	0.474730	質的
3	その他補強形式	0.464178	質的
4	基層使用材料	0.260823	質的
5	配力筋径	0.233276	質的
6	本線ランプ区分	0.137033	質的
7	主桁平均間隔	0.118105	量的
8	主鉄筋間隔	0.102575	量的
9	主桁本数	0.083775	量的
10	設計荷重	0.046254	質的
11	主桁平均高さ	0.039610	量的
12	主桁径間数	0.038548	量的
13	配力筋間隔	0.036050	量的

<bias補正混合判別予測[†]>

- ◆ bias補正混合判別予測手法は、対象とするデータレコードを2つのクラスに分類する判別分析手法である。特に、質的データと量的データが混合しており、なおかつ正解値の分布に偏りのある不均衡データに有効な分析手法である。
- ◆ 量的データと質的データとが混合したデータセットを対象とした判別分析を行うが、量的データについては正準判別分析、質的データについては数量化理論Ⅱ類を適用する。

- ◆ 目的変数となる変状有無等のデータ件数に偏り(変状無≪変状有)がある場合には、予測の正解率最大化を最適化基準とすると、全て「変状無」と判別するモデルが最適解となる場合がある。しかし、このモデルは業務での活用が見込めないため、変状有無を判別する「厳しさ」を閾値として設定し予測結果を補正(bias補正)する。
- ◆ 分析により得られる「事後確率」の値に対し、判別を行うための閾値にbias補正を適用することで予測結果が変化する。
- ◆ bias補正により判別内容を調節できるが、発見率や回避率等の指標等により評価を行い、業務に適した補正值を獲得する。
- ◆ 事後確率の降順でデータを整理した結果は、点検優先度として用いることができる。
- ◆ <損傷予測寄与分析>を用いて説明変数の寄与を算出できる。

インフラ維持管理への適用例

道床変状の推定において、変状有りのデータレコードの割合が1%未満であり、偏りのあるデータであったため、bias補正混合判別予測による分析を行った。

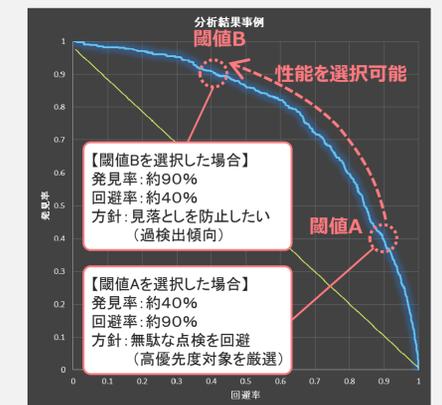


図 bias補正混合判別予測結果のイメージ

「業務一成果」マトリックス上に活用方策を配置し、分析結果の活用方策・展開の方向を整理

成果イメージ(【業務計画/運用】、【基準/ルール/指標】、【技術的判断支援】、【機器/ツール】、【活用者/評価内容】)					
【1】 現場 点検	現場業務の見直し(規程) 劣化傾向や重点部位、劣化要因等をふまえた、点検頻度や手順等、現場業務のルール見直しを行う。 状態に応じた点検間隔、記録簿の変更、項目見直し 事例1 事例2	点検優先度の策定(運用) 劣化傾向や重点部位、劣化要因等をふまえ、点検実施に関する定量的な優先順位、優先箇所を提示し点検実施計画の策定につなげる。 点検優先度、計画最適化 事例1 事例2	人材育成の強化(統計的根拠) 企業が保有する損傷事例集や点検補修マニュアルや業務ルールの記述内容に、データの統計量から見た定量的/統計的根拠を付記する。 手引き、統計ルール、統計的根拠の補完 事例4 事例5	タブレット等ICTツールの現場活用 タブレット端末、音声入力、HMD等、遠隔のDB参照など、現場でICTを活用し現場での点検業務負荷低減と質向上を支援する。 新規ツールの活用、IoT	リアルタイム/状態監視 所望の事象の観測/記録/検出のため、設置型センサや調査車両により、継続的なデータの蓄積と可視化を行う。 異常検知、温度、湿度、振動計測、IoT
	個別損傷の判別/推定 個別の損傷箇所の状況等について判別/推定を行う。過去や現状データから直接観測できていない箇所の変状状態の推定を行う。 劣化発生特性/影響・劣化要因、発生し易さ、し難さ 事例3	構造物総合評価指標/判定モデルを策定 構造物管理の実態に見合うスパン(連)単位等で、健全性評価に関する総合的な指標やモデルをデータ分析と工学的知見を元に構築する。 各種データによる評価指標/判定モデル 事例6	要因分析/データ構造理解 データ同士の相関やデータの統計的特徴から群に類別するなどにより、データの統計的傾向から変状進行等の要因を探索する。 劣化傾向、データ間の関連性/構造上重要な部位 事例4 事例5	知見の共有 熟達者の経験知反映のための意見交換や分析結果検討会を実施し解釈評価の幅を広げる。 判定会議、知識データベース	現業の形式化/明文化 熟達者の思考過程や判定会議での意思決定過程などをフロー等で可視化する。 熟達者の暗黙知、思考プロセス
【2】 診断	現在状態の過去実績との相関/乖離分析 過去の実績値との相関や乖離を分析し、補修等の対策計画に反映する。例えば、潜在的劣化の可能性のある構造物を抽出し注意喚起を行う。 劣化予備軍、見落とし防止 事例3 事例6	対策優先度の選定の策定 損傷毎/構造物毎の指標等や他の経営指標等をふまえ、補修等の対策に関連する定量的な優先度指標を提示し、対策計画立案につなげる。 補修優先度、計画最適化、現状可視化 事例3 事例6	構造物健全度の将来予測(時間的推定) 変状の経年進展予測や余寿命推定等、構造物や路線等单位で劣化の時間的変遷特性を把握する。 アセットマネジメント	補修手法の選定/補修効果の評価 補修手法について、余寿命、補修コスト等を考慮し、LCCの観点から補修手法の選定や、補修効果測定を行う。 ライフサイクルコスト、効果測定	経営・マネジメント・現場の参考指標の可視化 構造物健全度評価、CS評価、リスク評価、CSRなどによる、統合的な対策優先度判定をLCC評価や予防保全等に活用。 KPIの検討、可視化
	路線傾向把握 路線や軌道など線形構造物の長手方向に沿ってデータの度数分布可視化等を行い、線形に沿ったデータの傾向を把握する。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	地図可視化/GIS分析 地図上にデータを可視化し、地理的傾向を把握する。また、他の地物との距離等の地理的関係をデータ化し、より詳細なデータ分析に繋げる。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	時間傾向把握 構造物の状態変化等を年度や時刻に沿ってグラフ可視化を行い、時間軸に沿ったデータの傾向を把握する。 損傷種別の変化、劣化進行箇所	OpenDataの利用促進 維持管理データや、諸元や設備、運用等のデータに加え、環境データ等の広く一般に公開されているデータを活用して分析を高度化する。 オープンデータ、ビッグデータ	技術的データの交換・開示・活用 技術者間で維持管理データや諸元や設備、運用等のデータをシェアし、新たなデータ活用・応用と知識の交換を促進する。 シェアードデータ
【3】 措置 補修	路線傾向把握 路線や軌道など線形構造物の長手方向に沿ってデータの度数分布可視化等を行い、線形に沿ったデータの傾向を把握する。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	地図可視化/GIS分析 地図上にデータを可視化し、地理的傾向を把握する。また、他の地物との距離等の地理的関係をデータ化し、より詳細なデータ分析に繋げる。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	時間傾向把握 構造物の状態変化等を年度や時刻に沿ってグラフ可視化を行い、時間軸に沿ったデータの傾向を把握する。 損傷種別の変化、劣化進行箇所	OpenDataの利用促進 維持管理データや、諸元や設備、運用等のデータに加え、環境データ等の広く一般に公開されているデータを活用して分析を高度化する。 オープンデータ、ビッグデータ	技術的データの交換・開示・活用 技術者間で維持管理データや諸元や設備、運用等のデータをシェアし、新たなデータ活用・応用と知識の交換を促進する。 シェアードデータ
【4】 記録 可視化	路線傾向把握 路線や軌道など線形構造物の長手方向に沿ってデータの度数分布可視化等を行い、線形に沿ったデータの傾向を把握する。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	地図可視化/GIS分析 地図上にデータを可視化し、地理的傾向を把握する。また、他の地物との距離等の地理的関係をデータ化し、より詳細なデータ分析に繋げる。 劣化集中箇所、劣化頻発・進行箇所	時間傾向把握 構造物の状態変化等を年度や時刻に沿ってグラフ可視化を行い、時間軸に沿ったデータの傾向を把握する。 損傷種別の変化、劣化進行箇所	OpenDataの利用促進 維持管理データや、諸元や設備、運用等のデータに加え、環境データ等の広く一般に公開されているデータを活用して分析を高度化する。 オープンデータ、ビッグデータ	技術的データの交換・開示・活用 技術者間で維持管理データや諸元や設備、運用等のデータをシェアし、新たなデータ活用・応用と知識の交換を促進する。 シェアードデータ

研究事例-1: 危険空洞判別モデルの構築

現状と課題

- 精密点検(空洞調査)は、①地下水位状況、②コンクリート充填方法、③劣化状況の3条件を考慮していたが、3条件の妥当性を説明するデータ及び根拠は明らかでなかった。
- 実際の精密点検(空洞調査)の優先順位は、現場の状況を踏まえて、熟達者の経験に基づいて設定されるが、3条件の内容とは必ずしも一致していなかった。

検討手順

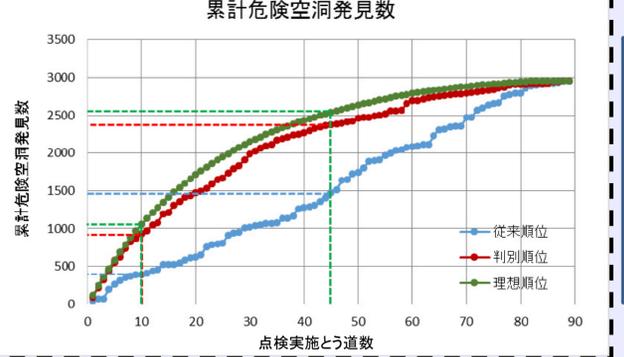
- 精密点検情報やとう道劣化情報を使用して危険空洞の有無を推定する危険空洞判別モデルを構築し、対象区間ごとの危険空洞事後確率を算出し、「みなし危険空洞」を設定する。
- みなし危険空洞を多く有しているとう道を「崩落リスクの高いとう道」と定義し、崩落リスクの高いとう道から順に精密点検を実施するよう、精密点検の優先順位の設定方法を変更する。

危険空洞判別モデルの構築	危険空洞有無の判別とリスク算定	効果の検証
【学習用データ】 89とう道、35項目、16498件 ✓ 精密点検データ(空洞) ✓ 定期点検データ(劣化) ✓ とう道諸元データ(諸元) 【分析手法】 ✓ bias補正混合判別予測 【目的変数、説明変数】 ✓ 精密点検データを目的変数に、定期点検データ、諸元データを説明変数として、危険空洞判別モデルを構築 ✓ 説明変数は自動選択によって9項目に	【判別用データ】 89とう道、9項目、16498件 ✓ 定期点検データ(劣化) ✓ とう道諸元データ(諸元) 【判別予測】 Closed validation ✓ とう道の定期点検データを用いて、判別モデルによる危険空洞有無の判別を実施 ✓ 発見率:82.0%、見逃し率:7.1% 【リスク算定と優先順位付け】 ✓ モデルによって危険空洞有と判別された区間の数をもとに、とう道の崩落リスクを算定し、優先順位付けに活用	【的確な優先順位付け】 ✓ 従来の3条件と比較して、より熟達者に近い優先順位付け ✓ 相関係数の向上 従来:0.016⇒モデル:0.68 【崩落リスクの低減】 ✓ 89とう道の半数を点検した場合、従来の3条件と比べ、危険空洞発見数は約1.6倍に

効果: 精密点検の効率化、とう道崩落リスクの低減

- 判別予測の結果を参照することで精密点検(空洞調査)によって危険空洞を発見する確率が向上し、無駄な精密点検の回数が減少し業務の効率化が図られる。
- 危険空洞が多く存在しているとう道から優先的に精密点検を行うことで、危険空洞の早期解消が図られ、その結果、とう道崩落リスクの低減に繋がる。

効果の検証



点検実施とう道数	10	45	89
理想順位*	1,055	2,538(85.7%)	2,960
②判別順位	931	2,341(79.0%)	2,960
①従来順位	394	1,472(49.7%)	2,960
②/①	2.36	1.59	1.0

✓ 今回のデータでは、89とう道の半数を点検した場合、①従来の3条件による優先順位付けと比べ、②危険空洞判別モデルを活用することで、危険空洞を発見する割合は②79.0%となり、①49.7%の約1.6倍になる。

※理想順位とは、精密点検実施結果より危険空洞数を多く有しているとう道毎に精密点検を実施した場合の理想的な順位を示す。

活用方策

- 危険空洞判別モデルの結果を参考に、精密点検(空洞調査)の実施計画を作成する。
- 定期点検(5年周期)情報と精密点検情報を用いて危険空洞判別モデルの時点修正を行う。

研究事例-2: 詳細点検要否判別モデルの構築

現状と課題

- 現在、詳細点検要否の1次選定で用いられる耐力評価は「軸方向ひび割れ」と「腐食程度」から洞道の耐力を評価しており、洞道の劣化状態を表している指標とは言い難い。
- 耐力評価の結果から導出した詳細点検対象区間の半数近くは詳細点検を実施しておらず、耐力評価と技術者の判断の間に差があり、業務上非効率となっているのではないか。

検討手順

- 点検データ、諸元データ及び詳細点検対象区間の結果をもとに詳細点検要否判別モデルを構築し、対象区間毎の事後確率を算出することで詳細点検が必要な区間の判別を行う。
- 耐力評価による詳細点検要否の1次選定に代えて、判別モデルで抽出された詳細点検「要」区間を参考に詳細点検対象区間の候補を選定することで、業務効率化と見逃し防止を図る。

詳細点検要否判別モデルの構築	判別結果と対象箇所の見逃し防止	効果の検証
【学習用データ】 21洞道、23項目、142区間 ✓ 詳細点検実施結果 ✓ 洞道内構造点検データ(劣化) ✓ 諸元データ(諸元) 【分析手法】 ✓ bias補正混合判別予測 【目的変数、説明変数】 ✓ 詳細点検実施結果を目的変数に、洞道内構造点検データ、諸元データを説明変数とし判別モデルを構築 ✓ 説明変数は自動選択によって11項目に	【判別用データ】 21洞道、11項目、142区間 ✓ 洞道内構造点検データ(劣化) ✓ 諸元データ(諸元) 【判別予測】 Closed validation ✓ 点検終了区間のデータを用いて、当該区間の詳細点検要否の判別予測を実施 ✓ 発見率:100.0%、見逃し率:0.0% 【対象箇所の見逃し防止】 ✓ モデルによって詳細点検要と判別された区間をもとに、詳細点検候補箇所の絞り込みと見逃し可能性箇所の抽出を実施	【要否判断効率化】 ✓ 詳細点検の要否判断対象数が従来ルールで61区間が35区間に絞り込まれ、業務が効率化 ✓ 35/61=57.5% 【見逃し防止】 ✓ 従来ルールでは詳細点検対象外の2区間を判別分析で抽出し、劣化区間の見逃しを防止

効果: 点検業務の効率化、洞道管理リスクの低減

- 判別結果は数値にて算出されるため、判別結果値の大小を用いることで劣化の程度や優先順位の評価が可能となり、効率的・効果的な詳細点検の実施に繋げることができる。
- 詳細点検要否判別モデルは「ひび割れ」と「腐食」以外の要素も加味して詳細点検の要否を評価するため、詳細点検対象区間の見逃し防止による洞道管理リスクの低減に繋がる。

効果の検証

従来の耐力評価による詳細点検実施箇所の抽出

	耐力評価区分					
	無	軽微	小	中	大	計
点検結果	13	33	35	23	38	142
抽出結果				23	38	61
詳細点検				15	16	31
補修対象				14	4	18

業務の効率化: 61区間→35区間

見逃し防止: 0区間→2区間

判別予測モデルによる詳細点検実施箇所の抽出(耐力評価別)

	耐力評価区分					
	無	軽微	小	中	大	計
点検結果	13	33	35	23	38	142
抽出結果			2	15	18	35
詳細点検			2	15	16	31
補修対象				14	4	18

✓ 今回のデータでは、判別予測モデルで抽出された結果「中」15箇所、「大」18箇所は、詳細点検が必要とされる全ての箇所を網羅しており、従来の耐力評価をもとに抽出され詳細点検が必要となった区間の「見逃し」とはなっていない

活用方策

- 劣化が進行している区間の抽出や詳細点検の優先順位を検討する際の参考情報とする。
- 目的変数を「補修の有無」として、詳細点検前に「補修の必要性が高い箇所」を推定する。

研究事例-3: 道床変状判別モデルの構築

現状と課題

- 現在の道床補修箇所の選定は、列車動揺や軌道変位等の計測データを使用し、それらの値と管理基準値との比較により、現場の状況に応じた補修を行っている。
- 実際の補修箇所は、計画上想定した補修時期を待たずに劣化が進行(悪化)する場合があります等、突発的、事後的な対応も多く、必ずしも効率的な補修サイクルとなっていない。

検討手順

- 軌道変位データ、線路線形等の諸元データ、道床検査データ、道床補修実績データを用いて、対象区間で道床変状発生確率を算定する道床変状判別モデルを構築する。
- 区間毎の変状発生確率の値より道床変状のリスクを評価することで、道床補修を実施すべき箇所の選定と補修優先順位の付与を行い、効率的な補修計画の策定を支援する。

道床変状判別モデルの構築	道床変状の判別と補修計画	効果の検証
【学習用データ】 13km区間,52項目,97945件 ✓ 道床補修実績データ(道床変状) ✓ 軌道変位データ(劣化) ✓ 設備諸元データ(諸元) 【分析手法】 ✓ bias補正混合判別予測 【目的変数、説明変数】 ✓ 補修実績データを目的変数に、軌道変位データ、諸元データを説明変数と、道床変状判別モデルを構築 ✓ 説明変数は自動選択によって16項目に	【判別用データ】 13km区間,16項目,97936件 ✓ 軌道変位データ(劣化) ✓ 設備諸元データ(諸元) 【判別予測】 Cross validation ✓ 補修対象路線の軌道変位データ、諸元データを用いて、道床発生判別を実施 ✓ 発見率:72.5%、見逃し率:0.42% 【前年度実績による今年度補修計画】 ✓ 前年度のデータで構築したモデルに今年度のデータを適用し、その後確率を参考に当該年度の補修計画を立案	【安定した判別モデル】 ✓ 全データで一定水準の判別予測精度を実現 ✓ 発見率:72.5% ✓ 見逃し率:0.42% 【補修計画の効率化】 ✓ 約13kmの半数にて補修区間の抽出を行った場合、モデル活用の方がランダム抽出と比べ抽出数は約1.5倍に

効果: 効率的な補修計画と突発的対応の低減

- 道床変状事後確率値を参考に、優先して補修すべき箇所を設定することが可能となり、効率的な道床補修計画の立案と突発的な道床状態の悪化の抑制(見逃し防止)に繋がる。
- 前年度のデータで構築した道床変状の道床変状判別モデルに当該年度のデータを適用して道床変状の事後確率値を算出し、その値を参考に当該年度の道床補修計画を立案する。

効果の検証



活用方策

- 道床変状判別モデルにおけるデータの影響度を分析し、現場点検時の注意点を明らかにする。
- データの蓄積等によりモデルの汎用性や推定精度を向上させ、他の路線に展開、汎用化する。

研究事例-4: 上床はく離・はく落重回帰モデルの構築

現状と課題

- トンネル上床のはく離・はく落を発見するためには、これまで定期的な打音調査が行われてきたが、検査の見落とし防止など、検査精度の向上の余地がある。
- 打音調査の際にどこを叩くかは、過去の検査結果、実務者の知見・感覚等に基づき行われており、工法・竣工年等の構造諸元データ、水涯線までの距離等環境条件データ等の情報が十分に活用されていない。

検討手順

- 過去の検査結果、構造諸元データ、環境条件データを用い、主成分分析/クラスター分析により区間ごとの構造及び変状の特徴的な傾向を把握する。
- 同様のデータを用いた重回帰モデル、判別モデルにより、上床のはく離・はく落が生じやすい区間を抽出し「注意区間」として提示する。

上床はく離・はく落重回帰モデルの構築	判別モデルの性能向上と注意区間の抽出	効果の検証
【学習用データ】 2路線,21項目,6172件 ✓ 検査データ(上床、側壁の変状) ✓ 構造諸元データ、環境条件データ 【分析手法】 ✓ 主成分/クラスター分析→重回帰分析 【目的変数、説明変数】 ✓ 上床はく離・はく落に関する主成分を抽出 ✓ 上床のはく離・はく落面積を目的変数に、側壁の変状データ、諸元データ、環境条件データを説明変数とした重回帰モデル、判別予測モデルを構築	【判別用データ】 ✓ 検査データ(上床、側壁の変状) ✓ 構造諸元データ、環境条件データ 【判別予測】 Closed validation ✓ 上床はく離・はく落の実測値と重回帰モデルによる予測値により性能評価を実施 ✓ 発見率:74%、回避率:56%(B路線の例) 【複数モデルによる精度向上】 ✓ 特徴的な諸元等ごとに母集団を分割し、複数モデルを構築し、判別性能を向上 ✓ 実績と判別結果をもとに注意区間を設定	【注意区間の設定】 ✓ 重回帰モデルで得られた注意区間(全体の約10%)に、はく離はく落変状の30~40%が集中 【現場知見との整合】 ✓ 分析を通じて得られた注意区間の要因は、現場技術者の注意点と概ね整合していた。

効果: 効率的かつ着実な打音調査、はく離・はく落のリスク低減

- 上床のはく離・はく落が生じやすい区間を「注意区間」と位置づけ、メリハリをつけて目視/打音調査することで、効率的かつ着実に、上床の変状発生やその予兆を発見できる。
- 注意区間や構造及び変状の特徴を実務者に提示することで、側壁点検等において周辺状況から上床の変状に気づく可能性があり、はく離・はく落のリスク低減に繋がると期待される。

効果の検証

- ✓ 重回帰モデルで得られた**注意区間(全体の10%)**に、はく離はく落変状の**30~40%(面積)**が集中

	注意区間	路線全区間
A路線		
区間数	322	3,147
A路線全区間に対する延長割合	10%	100%
上床のはく離はく落系変状面積	118	396
A路線全区間に対する割合	30%	100%
B路線		
区間数	284	3,025
B路線全区間に対する延長割合	9%	100%
上床のはく離はく落系変状面積	305	694
B路線全区間に対する割合	44%	100%



活用方策

- 上床のはく離・はく落が生じやすい区間やその区間で注意すべき情報(構造諸元、環境条件等)を現場点検で利用するタブレットに組込み、点検地点での状況把握、注意喚起に役立てる。

研究事例-5: ハンチ部の損傷有無の判別予測

- 現状と課題
 - 都市内高速の多くは高架橋形式を採用しており、コンクリート剥落等の落下物による第三者被害の発生の防止が重要な課題である。
 - コンクリートが剥落する事象の中でもRC床版のハンチ部からの剥落が多く、定期点検時の見落とし防止や効率的な剥落防止対策の計画の策定が求められている。

- 検討手順
 - 橋梁の構造諸元データ及び点検データから、RC床版のハンチ部の剥落等の損傷が生じる可能性を推定するとともに、各データ項目の損傷への寄与度を明らかにする。
 - これらの分析の結果から、ハンチ部に損傷が生じやすい橋梁の特徴(構造上、劣化状況等)を見出し、定期点検時の参考資料、補修計画策定時に参考とする。

ハンチ部の損傷の有無の判別予測	汎化性能の検証と損傷予測寄与分析	効果の検証
【判別用データ】9路線,33項目,4,568件 ✓基本台帳/上部工台帳(諸元) ✓床版台帳/舗装台帳(諸元) ✓点検補修台帳(損傷・変状データ) 【分析手法】bias補正混合判別予測 発見率:88.9%、回避率:83.2% 【目的変数、説明変数】 ハンチ部の損傷の有無を目的変数に、諸元データ、損傷・変状データを説明変数として、判別モデルを構築し分析を実施 説明変数は、16のデータ項目が自動選択された	【データ】評価用:1,522件、学習用3,046件 ✓基本台帳/上部工台帳(諸元) ✓床版台帳/舗装台帳(諸元) ✓点検補修台帳(損傷・変状データ) 【検証法】Holdout Validation 判別用データを評価用と学習用にランダムに分けて、汎化性能の検証を実施 発見率:86.7%、回避率:85.5% 【損傷予測寄与分析】 寄与度を踏まえて、諸元データを詳細分析し損傷橋の特徴を抽出するとともに熟達者の知見に照らし、概ねの同意を得た	【判別予測】 判別予測にて80数%の予測精度を実現 汎化性能の検証にて同レベルの精度を維持し、汎用性の高さを確認 【損傷橋の特徴】 詳細分析により抽出した特徴を熟達者の知見に照らし、同意を得たことにより、抽出した特徴の妥当性を確認

- 効果: 損傷傾向の明示による注意喚起、第三者被害の予防・抑制
 - 各種管理台帳、定期点検リスト等に、判別予測による「損傷がある確からしさ」や傾向分析によるハンチ部に損傷が多く生じている橋梁形式、鉄筋径などの値を明示する。
 - ハンチ部の損傷が生じている可能性が高い橋梁を事前に確認することで注意喚起が図られ、点検時の損傷の見落とし防止が期待でき、第三者被害の予防・抑制につながる。

- 効果の検証

定期点検結果	有		無		計
	有	無	有	無	
有	233(88.9%)	29(11.1%)	29(11.1%)	262(5.7%)	
無	463(10.8%)	3,843(89.2%)	4,306(94.3%)		
計	696(15.2%)	3,872(84.8%)	4,568(100.0%)		

＜精度評価＞
ホールドアウト法でも高い精度を維持
 ✓発見率:86.7%
 ✓回避率:85.5%

ハンチ部の損傷の判別予測の結果

台帳・リストへの明示

ハンチ部の損傷の有無の可能性を明示

地図可視化

- 活用方策
 - 道床変状判別モデルにおけるデータの影響力を分析し、現場点検時の注意点を明らかにする。
 - データの蓄積等によりモデルの汎用性や推定精度を向上させ、他の路線に展開、汎用化する。

研究事例-6: 床版・桁の健全度推定

- 現状と課題
 - 現業における橋梁構造物の健全度判定は、高度な技術を要することから、個人の暗黙知(現場知見/工学知見)に頼る部分が多く、健全度判定における客観的な根拠に課題があった。
 - 点検データだけでなく設計・諸元や運用等の多様なデータを活用した健全度判定が期待されているが、健全度推定モデルを現場に適用するには現場/工学的知見に照らした納得性が必要。

- 検討手順
 - 健全性に関与すると考えられる多種多様なデータ(点検管理、橋梁台帳、雪氷管理、設計基準情報)を活用した、床版・桁の健全度値を実数値で推定するモデルを構築する。
 - 上記の健全度推定モデルにおける影響度の高い変数について、現場/工学的知見に照らして納得感を確認し、現場での運用を想定してモデルのチューニングを行う。

床版/桁の健全度推定	健全度推定に対する変数毎の影響度を算出	効果の検証
【学習用データ】40項目,3562件(RC床版) ✓諸元データ ✓点検データ ✓運用/環境データ ✓補修/対策データ ✓設計基準データ 【分析手法】 混合回帰分析 【目的変数、説明変数】 床版/桁の健全度判定結果データを目的変数に、諸元や点検データ等を説明変数として、健全度推定モデルを構築	【判別用データ】40項目,3562件(RC床版) ✓諸元データ ✓点検データ ✓運用/環境データ ✓補修/対策データ ✓設計基準データ 【健全度推定】Closed Validation 対象構造物の劣化特性を考慮し、構造形式毎に分けて6つのモデル(床版:4種類、桁は2種類)を構築 健全度「Ⅲ以下」または「Ⅳ以上」に判別する際の平均含有率:85.5%(RC床版)	【健全度推定の精度向上】 回帰分析にて80数%の判別性能を実現 構造形式別に回帰モデルを構築することで精度を向上 【推定根拠の納得性向上】 含有率を維持しながら推定根拠となる説明変数の影響度に関する納得性を改善

- 効果: 適切な健全度判定による業務負荷の低減、見落とし防止
 - 健全度Ⅳ以上(=措置優先度高)か否かを85%の正答率で判別する健全度推定モデルを健全度判定業務の補助・代替として活用し、業務負荷の低減や作業時間の短縮に期待。
 - 業務で「健全度Ⅲ以下(=措置優先度低)」と判断した橋梁のうち「健全度Ⅳ以上」と推定された橋梁は、詳細情報の再確認や補足点検の対象とし、見落とし防止とリスク低減を図る。

- 効果の検証

表 健全度推定性能評価結果

対象構造物	含有率算出単位	Ⅳ以上/Ⅲ以下 正答率(*1)
床版	RC床版の健全度推定	85.5%
	PC床版の健全度推定	98.2%
桁	中空床版の健全度推定	85.9%
	コンクリート橋の桁健全度推定	84.60%
	鋼橋の桁健全度推定	90.60%

(*1) 床版または桁の健全度「Ⅲ以下」「Ⅳ以上」区分に関する上位・下位平均含有率

潜在的な健全性低下群(571連)
(現業の判定では健全度Ⅲ以下だが、データ分析では健全度Ⅳ以上と推定)

- 活用方策
 - データ統計に基づく床版/桁の健全度推定モデルを健全度判定業務の補助・代替として活用
 - 健全度推定モデルでの影響度の高い変数を参考に現場/工学的知見に数値的根拠を提示

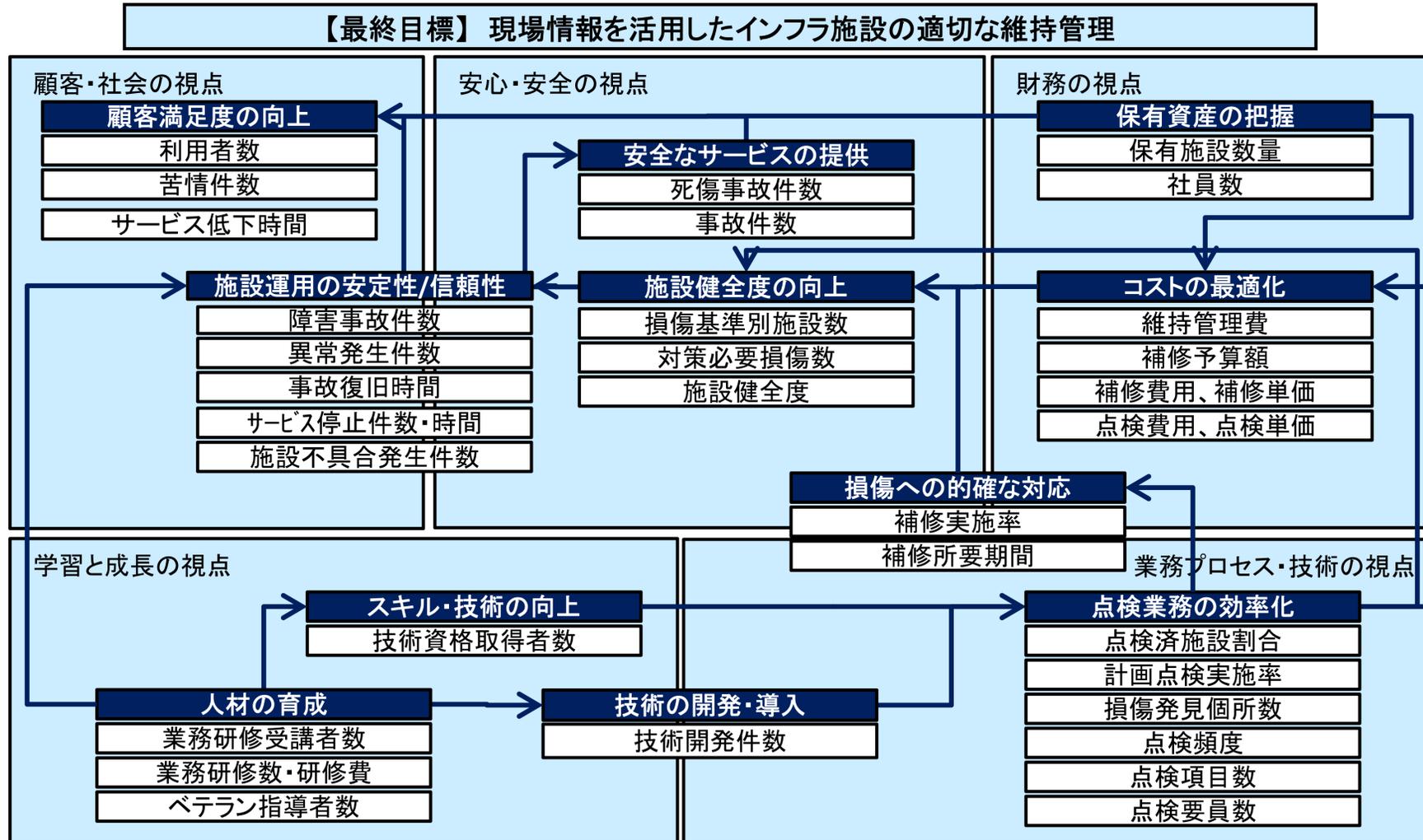
<参考資料>

社会連携講座の活動成果の概要 2009-2013 (抜粋)

2014.4

経営目標と管理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、一般的な「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」の視点を追加している。
- ✓ 管理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。



管理指標(案)	管理指標(案)の定義
顧客満足度の向上	
利用者数	サービスを利用している人数
苦情件数	利用者等からの苦情の件数
サービス低下時間	提供するサービスに支障が生じた時間
安全なサービスの提供	
死傷事故数	利用者の死傷事故件数
事故件数	保有施設で発生した利用者が関係する事故件数
施設運用の安定性/信頼性	
障害事故件数	サービスに支障が生じる施設管理上の事故件数
異常発生件数	保有施設で発生した異常事態の件数
事故復旧時間	事故に伴うサービス停止から復旧までの時間
サービス停止件数・時間	サービスの停止件数と停止時間
施設不具合発生件数	サービスに影響する施設障害等の発生件数
施設健全度の向上	
損傷基準別施設数	損傷が発生した施設の損傷基準別の箇所数
対策必要損傷数	補修等の対策が必要な損傷の数
施設健全度	重大損傷数等による対象施設の状態表示
損傷への的確な対応	
補修実施率	補修済み箇所数/補修が必要な損傷箇所数
補修所要期間	対策必要損傷に対する補修実施までの期間
保有資産の把握	
保有施設数量	維持管理が必要な保有施設の数
社員数	自社企業及び関連企業の社員数
コストの最適化	
維持管理費	施設の維持管理に要する費用(人件費、委託費等)
補修予算額	対象施設等に対し当該年度の補修に要する予算
補修費・補修単価	対象施設全体の補修費、1か所あたり補修費
点検費・点検単価	対象施設全体の点検費、1回あたり点検費
点検業務の効率化	
点検済施設割合	点検実施済み施設数/点検対象施設数
計画点検実施率	年間点検実施済み施設数/年間点検予定施設数
損傷発見箇所数	一定期間の点検で発見された損傷基準別の箇所数
点検頻度	対象施設に係る点検実施の間隔
点検項目数	対象施設に係る点検時の確認項目数
点検要員数	点検業務に従事する職能別、技能別の人数
技術の開発・導入	
技術開発件数	補修や点検業務の効率化に資する技術開発の件数
スキル・技術の向上	
技術資格取得者数	点検業務に有効な技術資格の取得者数
人材の育成	
業務研修受講者数	社内の業務研修の受講者数
業務研修コース数	社内の業務研修のプログラムの数
ベテラン指導者数	業務拠点毎のベテラン指導者数

視点	経営目標	重要成功要因	管理指標(案)
顧客・社会	顧客満足度の向上	利用者数の増加	利用者数
		苦情件数の削減	苦情件数
		サービス低下の削減	サービス低下時間
安心・安全	安全なサービスの提供	人身事故の削減	死傷事故数
		事故件数の削減	事故件数
安心・安全	施設運用の安定性/信頼性	設備管理に伴う障害事故の防止	障害事故件数
		異常発生件数の削減	異常発生件数
		事故復旧の迅速化	事故復旧時間
		サービス停止時間の削減	サービス停止件数・時間
安心・安全	施設健全度の向上	施設状態の正確な把握	損傷基準別施設数
		施設健全度の向上	施設健全度
安心・安全	損傷への的確な対応	補修時期、補修方法の最適化	補修実施率
			補修所要期間

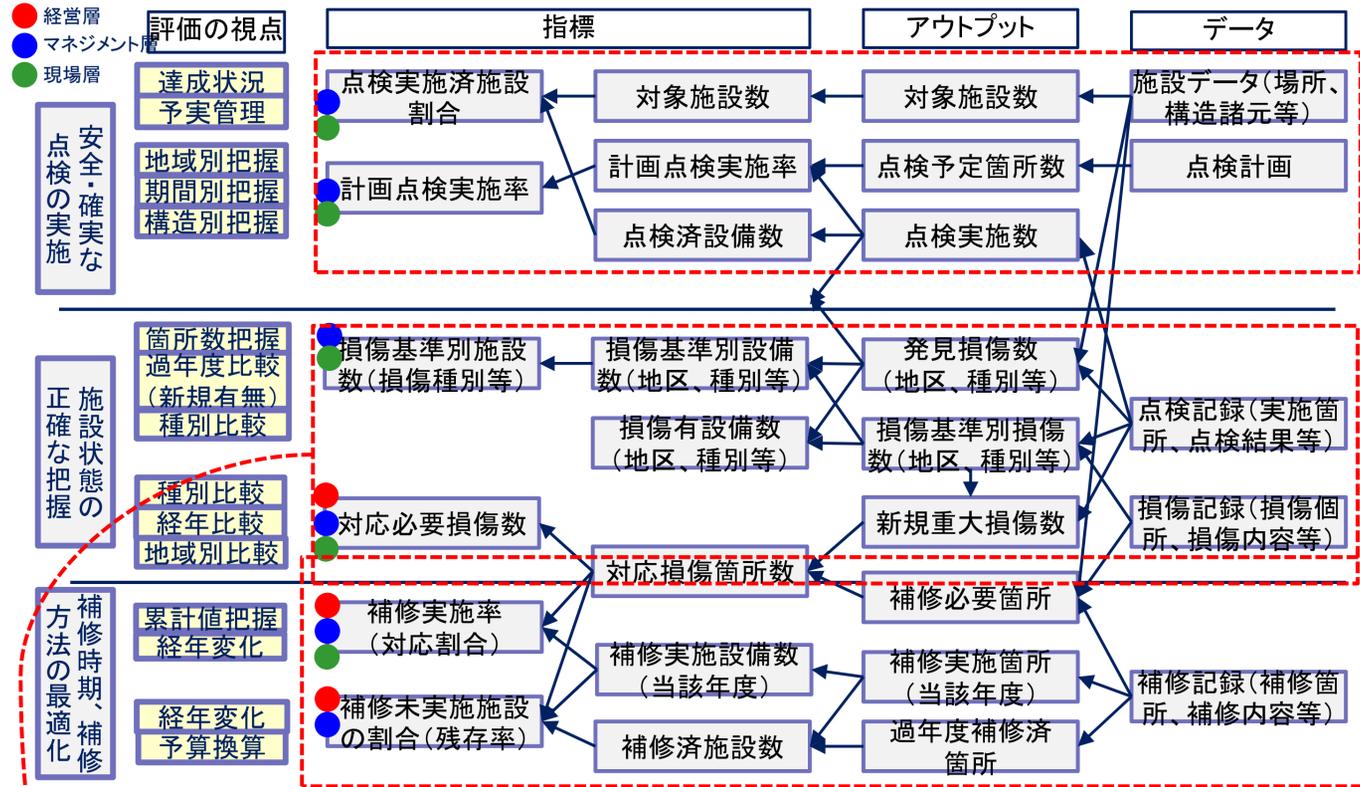
視点	経営目標	重要成功要因	管理指標(案)
財務	保有資産の把握	基本情報の把握	保有施設数
			社員数
財務	コストの最適化	維持管理経費の適正化	維持管理費
		補修費用の適正化	補修予算額
		補修費用の最適化	補修費・補修単価
業務プロセス・技術	点検業務の効率化	点検計画の適正執行	点検実施済施設割合
		損傷発見率の向上	計画点検実施率
			損傷発見箇所数
			点検頻度
業務プロセス・技術	技術の開発・導入	点検計画の適正化	点検項目数
			点検要員数
学習と成長	スキル・技術向上	技術開発の促進	技術開発件数
		資格取得者の増加	技術資格取得者数
		教育プログラムの有効活用	業務研修受講者数
学習と成長	人材の育成	研修の充実	業務研修コース数
		OUT教育の充実	ベテラン指導者数

注)本研究で提示するバランス・スコアカード(参照モデル)及び管理指標(案)は、社会連携講座参加企業等の公開情報、企業との意見交換等を通じて抽出された経営目標と評価指標を基に、データの活用状況等を考慮して、東京大学が作成したものである。

現場と経営を繋ぐインフラ管理指標(案)とデータの加工手順を整理するとともに、ダッシュボードによる活用方法を提示

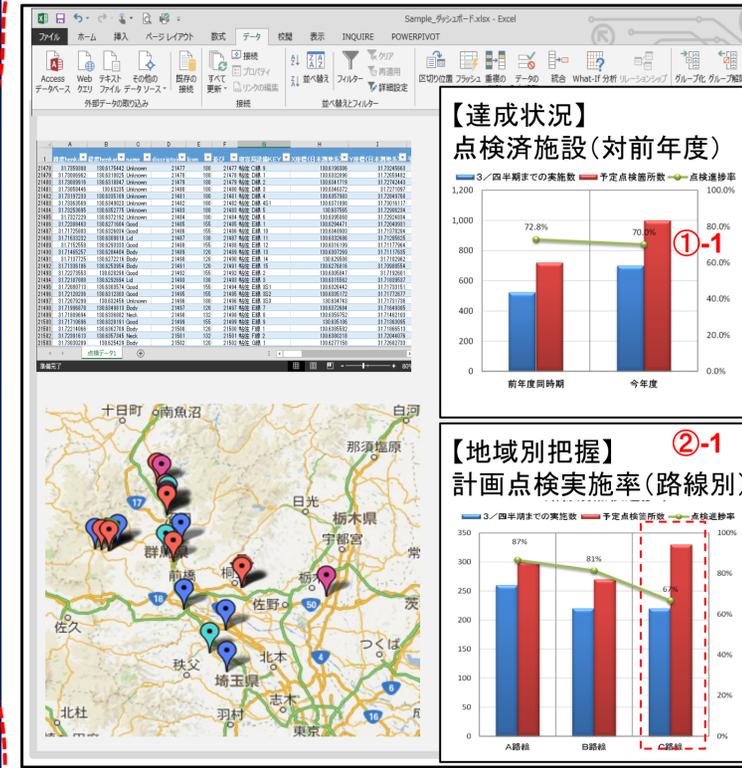
データ加工手順の定型化

◆ 共通的な算出方法と評価の視点を整理し、インフラ企業に共通すると考えられる、インフラ管理指標の現場情報からの加工手順と評価の視点を定型化した。

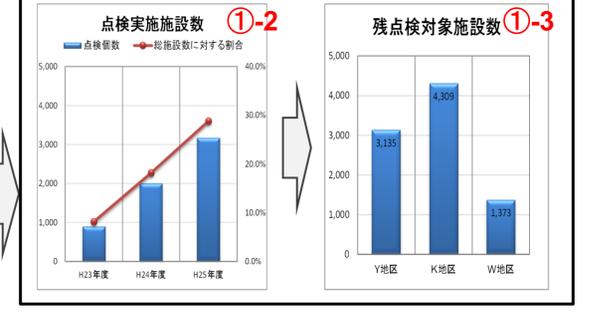


点検業務の効率化の表現例

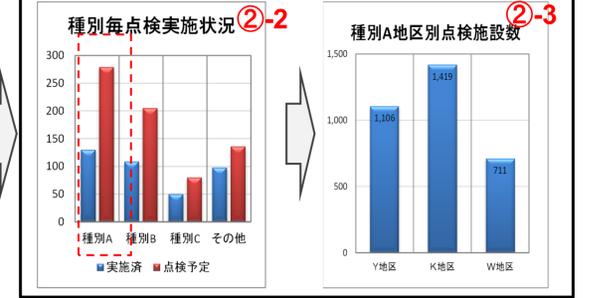
- ① 点検進捗率を前年同時期と比較し、今年度の点検の達成状況を比較
- ② 路線別の実施状況を示し、点検計画の実施上の課題点を抽出



- ①-2: 累計の点検実施状態の把握【累計確認】
- ①-3: 残点検数の地区別把握【重点点検検討】

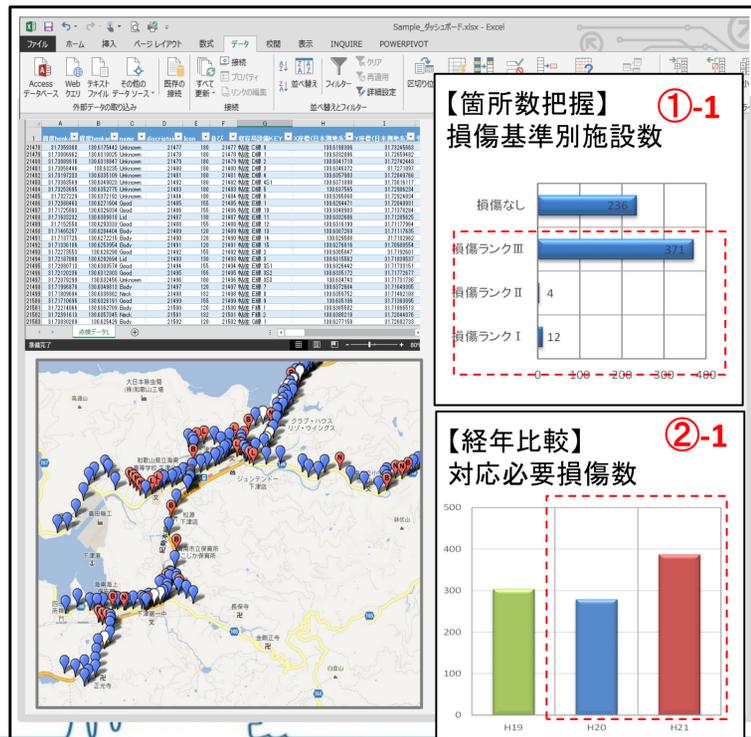


- ②-2: 種別毎の点検済数把握【低実施率種別】
- ②-3: 種別Aの地区別分布【設備数と比較】

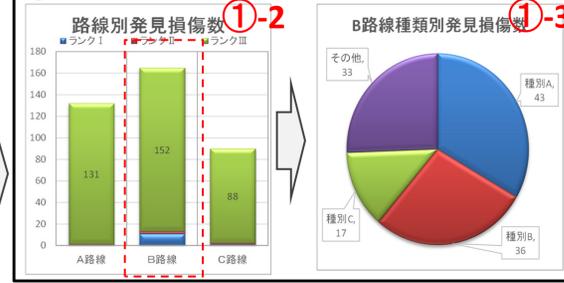


施設健全度の向上の表現例

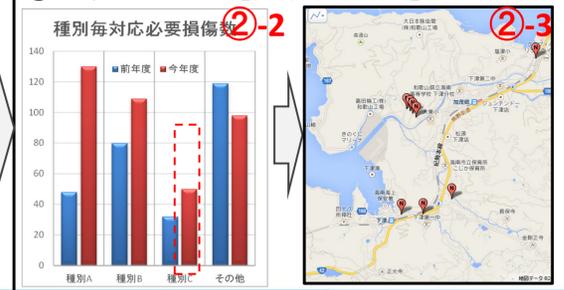
- ① 点検結果を損傷評価別に表示し、対策の必要な施設数を把握
- ② 対応必要損傷数の年度別の発生状況を表示し、経年の発生状況を把握



- ①-2: 路線別損傷基準別の損傷数【地域別把握】
- ①-3: 損傷有路線の種別内訳【構造別把握】



- ②-2: 種別ごとの発生状況の確認【種別比較】
- ②-3: 種別Cの地域【設備数と比較】

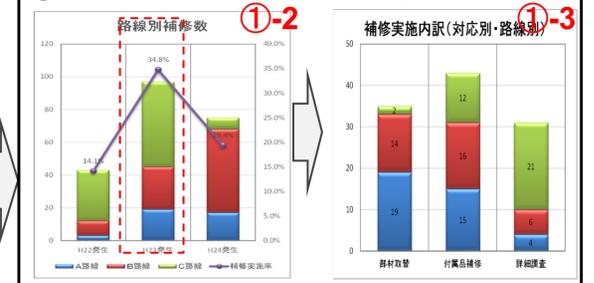


損傷への的確な対応の表現例

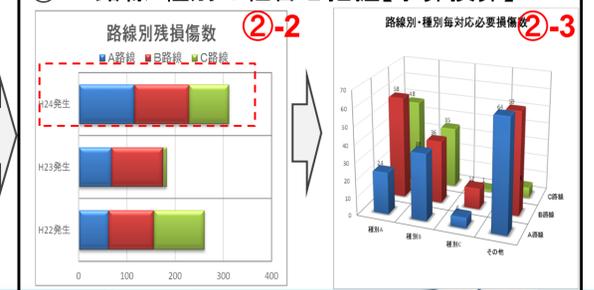
- ① 補修実施率の経年変化を表示し、補修対応状況を把握する
- ② 補修未実施施設数を経年で表示し、対応傾向を把握する



- ①-2: 路線別の補修数の確認【地域別把握】
- ①-3: 補修方法別の数量の把握【累計値把握】



- ②-2: 当該年度での残数量の確認【経年変化】
- ②-3: 路線・種別の組合せ把握【予算換算】

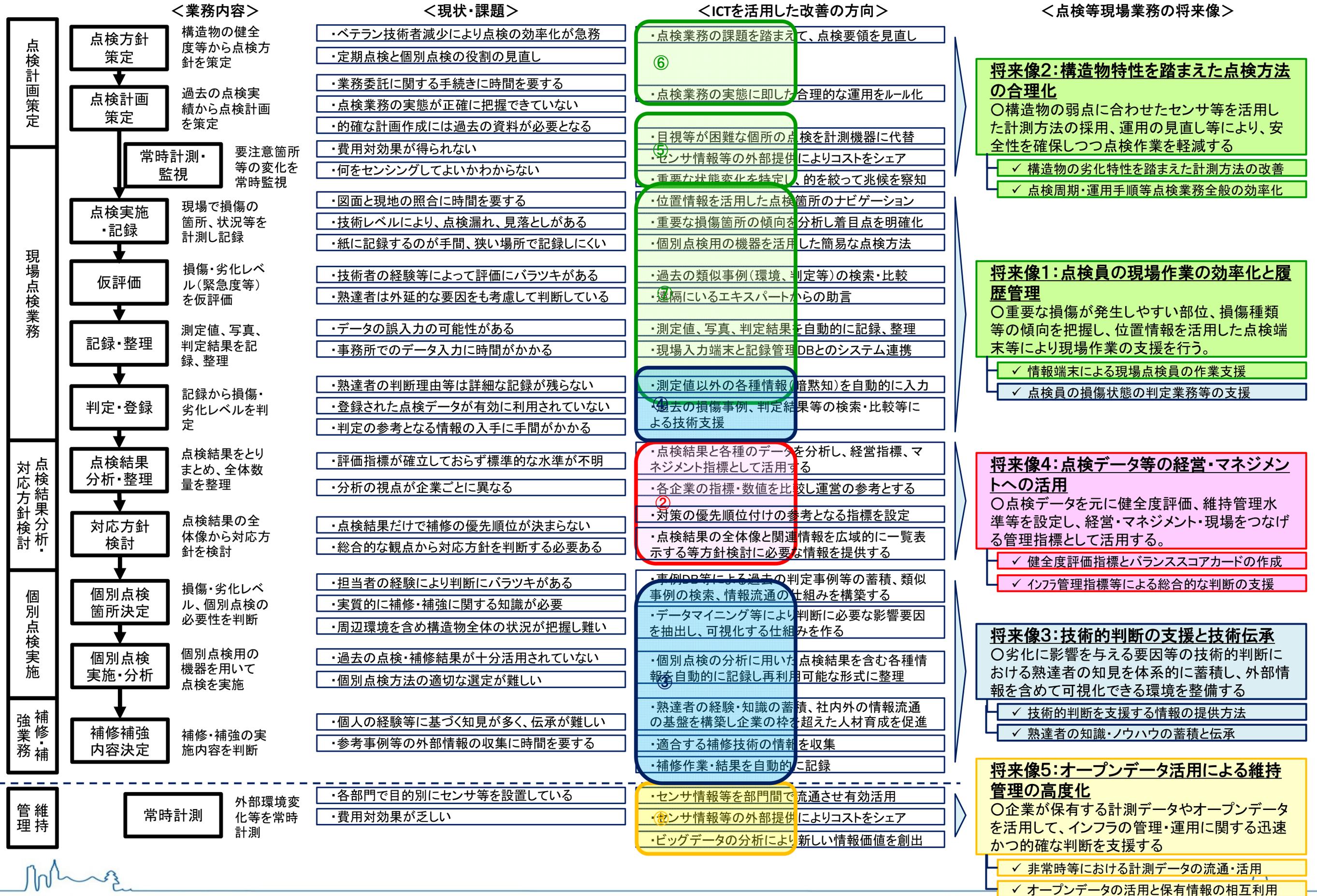


点検等現場業務の将来像(ver2014.3)

□ 点検業務の課題とICTを活用した改善の方向(ver2014.3)

- 1) 点検員の現場作業の効率化と履歴管理(案)
- 2) 構造物特性等を踏まえた点検業務の合理化(案)
- 3) 技術的判断の支援と技術伝承(案)
- 4) 点検データ等の経営・マネジメントへの活用(案)
- 5) オープンデータ活用による維持管理の高度化(案)

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



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り、作業の効率化と点検漏れの防止、点検履歴の管理を行う
- ・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し

データ/ICTの活用方法

- ①有効な点検データの抽出と効率的な記録方法への改善
 - ・既存の点検データや構造物諸元データから損傷の判断や評価に有効なデータを抽出し、効率的に記録できるよう点検項目等の記録方法を改善する
- ②優先度の高い点検箇所の詳細化とマニュアル等への反映
 - ・点検データ等の分析により、優先度の高い点検箇所の特徴(損傷の発生条件,着目点等)を明らかにし、特徴に応じた点検方法をマニュアル等に反映する
- ③ICT機器の導入による点検記録作業の簡略化と履歴管理
 - ・点検支援端末により現場記録作業の簡素化、業務内容のガイドを行う。点検記録DBによりデータを効率的に蓄積し活用するとともに作業履歴を管理する
- ④業務上の制約条件下における効率的な点検実施計画の設定
 - ・②で抽出した優先度の高い点検箇所と業務上の制約条件を設定し、移動コスト最小等の目的に応じた最適な点検実施計画を設定する

実現に向けた課題

- 重要な損傷が発生しやす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損傷の見落とし、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

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。	重要損傷が発生しやすい部位・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。また、健全な状態を含め点検履歴が管理される。
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合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



構造物の弱点、損傷傾向等に合わせた点検・計測方法を検討し、点検業務の改善提案を行う

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

データ/ICTの活用方法

- ① 構造物特性、損傷傾向等を踏まえた点検方法の効率化
 - ・構造物特性、部位、損傷傾向等を分析し構造物の弱点を抽出するとともに、損傷の発生頻度や重大性を考慮した、的確で効率的な点検方法を設定する
- ② センサー等による重要箇所の状態把握と計測データの活用
 - ・損傷の進行が速い箇所、点検が難しい箇所等にセンサーを設置して状態監視を行う。詳細点検や補修の判断における計測データの活用方法を開発し、実証運用することでICTの有効性と信頼性を検証する。
- ③ 点検・計測データの分析結果を踏まえた点検ルールの見直し
 - ・計測データを含めたデータ分析により損傷傾向(部位、頻度、進行速度、環境条件等)を把握し、リスク管理・予防保全等の観点から計測データを活用した点検ルールを検討し、適用可能性を評価する。
- ④ コンディションベースによる点検周期、点検方法の最適化
 - ・上記②、③の検討結果を踏まえて、全て一律の点検基準・周期でなく、重要箇所へのセンサーの設置等を含む、構造物や損傷の特性に合った適切な点検周期・方法を設定する

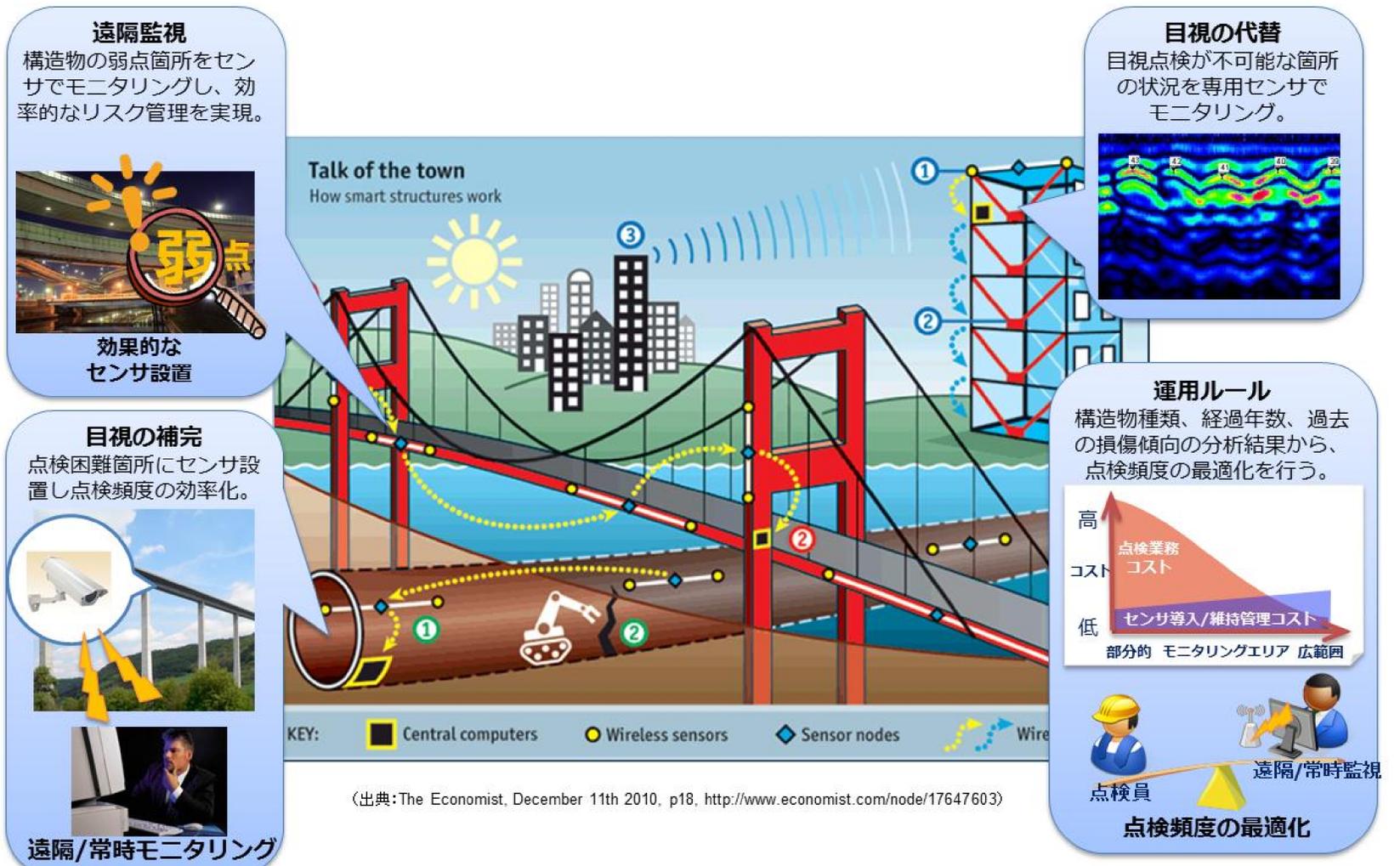
実現に向けた課題

- 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、信頼性等)とオーソライズの方法

合理化方法

合理化方法	現在	将来
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。	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。
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。	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。
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。	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。
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。	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。
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。	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



劣化要因の推定と対策の検討など、技術的判断を支援し技術を伝承す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

データ/ICTの活用方法

- ①点検データ等の分析結果を活用した技術資料の充実
 ・点検データ分析から見出される知見、数値的裏付け、代表事例等を体系的に整理するとともに、経験的なデータ・知見を技術資料に反映して専門家間で共有し、技術の伝承に活用する
- ②熟達者の暗黙知・思考プロセスの可視化と伝承方法の体系化
 ・点検マニュアル、点検・補修記録等の情報と熟達者の言動などから暗黙知、思考プロセスを可視化するとともに、技術を習得するための学習・研修方法を体系化し、OJTを通じて評価・改善を行う
- ③損傷評価、補修方法等技術的判断を支援する仕組みの構築
 ・損傷評価、補修方法等の判断に必要な関連情報を整理し、思考プロセスに応じて必要となる情報・ノウハウを定義するとともに、プロトタイプシステムの試行を経て技術的判断を支援するシステムを構築する
- ④ナレッジ(マニュアル、事例等)を蓄積・流通する仕組みの構築
 ・各企業が保有するナレッジ(マニュアル、事例、ノウハウ等)を整理し、一定の条件下で企業間でナレッジが蓄積・流通可能なルール、システムを整備する

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

支援方法

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・蓄積する
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。
⑥マニュアル等	技術的な知見をマニュアル等にまとめているが、必ずしも有効に使われていない。技術伝承できる形式となっていない。	技術資料に現場データ等の情報を記載することで、立体的な技術資料とする。技術伝承のための手法を確立する。

イメージ図



点検データ等を活用し、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

データ/ICTの活用方法

- 健全度や管理水準等のインフラ管理指標の体系化と運用管理
 - 現場と経営を繋ぐ、構造物の健全度、管理水準等を示すインフラ管理指標をバランススコアカードの視点から体系化し、試行運用、ベンチマーク等を行う。
- 現場データ等を活用した構造物の健全度等の各種指標の設定
 - 個々の損傷状態と構造物の諸元について、路線・地区、環境等の視点との関係により、構造物等の所有資産の健全度や技術的判断に関する指標を設定する
- 点検結果と補修結果の関連性分析による補修判断指標の設定
 - 点検データの損傷有無の推定と補修実施状況や方法の関係性を把握することで、個別の損傷に対する適切な補修実施が可能な判定指標を設定する
- 点検・補修・環境データ等の可視化による補修計画策定の支援
 - 点検データ、補修データ、環境データや運行情報及び分析結果等を用いて補修優先度を検討するとともに、これらの情報を広域的に一覧表示することで、合理的な補修計画の策定を支援する
- インフラ管理指標、環境情報等による総合的な判断の支援
 - 構造物健全度、インフラ管理指標、環境情報等をマネジメントの視点から関連性、一覧性をもって確認できるシステムを整備する

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

管理手法

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 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。	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 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・方法を決定する
③資産管理	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
④ベンチマーク	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。
⑤補修計画等	点検結果だけでなく、様々な要因を考慮した上で補修計画を立案する必要があるが、判断に利用可能な情報が限定されている	点検データに加え、補修データ、環境データ等を広域的に一覧表示し、総合的な視点から合理的な補修計画を策定する

イメージ図



オープンデータを活用し、インフラの維持管理業務における迅速かつ適切な判断を支援する

基本的考え方

○各企業が保有するデータに加え、オープンデータ^(*)や他社が保有するセンサ情報等を活用することで、迅速・網羅的な状況把握と高度な分析・判断を実現する。

- ・非常時等に各社の計測データを流通可能な仕組みを構築し、社会全体の適切な初動対応を実現する。
- ・オープンデータの活用や保有データの相互利用により、データ利用の効率化と維持管理の高度化を実現する。

(*)：オープンデータとは、データを単にインターネット上に公開するだけでなく、多様な情報流通を実現するため、コンピュータから読み込める形式で公開することをいう。

データ/ICTの活用方法

【システム及び要素技術】

①データ収集の効率化

- ・データボキャブラリ^(*)2)の定義、オープンデータAPIの設計/実装を行い、データ収集/アクセスの様式を共通化。

②データ活用の効率化

- ・情報流通プラットフォームの設計/実装を行い、データの管理、流通、活用が効率的に行える環境を整備。
- ・データカタログサイト/開発者サイトを立ち上げ、一定のルールの下にデータの相互利用を行い、データの可視化やBIツール開発等を協力して実施する。

③業務応用の高度化

- ・自社データにオープンデータや他社の保有データを加えて、ビッグデータ分析を行い、予防保全など維持管理における高度な分析/判断を支援する。

④データ利用条件の整備

- ・情報流通プラットフォームのプロトタイプ、各社の保有データのサンプルを用いた現場実証を実施する。
- ・CCライセンス^(*)3)等データオープンに向けた方針決定

(*)2)：データ交換等を行うために必要な、データの仕様等を示す辞書のようなもの。
(*)3)：CCライセンス(クリエイティブ・コモンズ・ライセンス)とは、データ流通についてのライセンス表示/再配布/営利利用を規定する著作権ルール。

実現に向けた課題

- 情報流通の有効性(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
- 各種データボキャブラリの整理/標準化検討
- 情報流通プラットフォームとしての技術要件の定義
- データ利用に係るライセンス整理、関係者の合意
- データオープン化に係る管理体制整備

研究テーマ(想定)

- オープンデータを活用した応用事例に関する研究
- 応用事例における効果の検証

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公共に向け、提供されている。 各団体が個別に点検実施し点検データ収集を行っている他、各団体の自己負担でセンサやセンサデータ収集を行っている。	様々なデータ/データアクセス様式が標準化/共通化され、大規模なデータを対象とした効率の良いデータ提供/データ収集を実現。 各団体が保有しているデータを相互に利用し、管理負担を低減。
②データ活用	収集するデータの内容は各団体が設定し、収集したデータの蓄積/管理は、各団体により個別に行っている。 収集したデータのモニタリング/分析/可視化は、各企業・団体により個別に開発・運用を行っている。	多様なデータを蓄積/管理する情報流通プラットフォームを構築し、関係団体間で容易にデータを管理・流通できる環境を構築する。 情報流通プラットフォームを活用し、オープンデータに企業情報を加えた幅広いデータによる迅速かつ的確な状況把握/分析/可視化を実現。
③業務応用	各団体が、それぞれ定められた一律の基準により個別にデータの分析/判断を行い、点検補修計画策定/予防保全を行っている。 各団体毎に、自社の保有データを活用した状況把握/判断等の業務応用のノウハウを蓄積している。 各団体とも非常時の対応基準を保有しており、団体内のセンサ値等のデータに基づく状況把握や安全確認対応等を行っている。	大規模なデータの分析結果を業務応用し、緊急度/重要度、投資効率等を考慮した合理的な点検/補修/予防保全を実施。 他の団体の分析/維持管理事例を参照し、分析の幅を広げるとともに、得られた知見を他の団体等に提供する(ノウハウ展開)。 非常時には、蓄積したデータや、保有するリアルタイムなセンシング情報を関係機関に提供し、社会全体の適切な初動対応を実現する。

イメージ図

