

維持管理DX

～ITによる維持管理改革～

国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学
情報連携推進本部 教授 村上 茂之



発行所
三重県地方自治研究センター
三重県津市栄町2丁目361番地
(一助)三重県地方自治労働文化センター内
TEL059-227-3298
FAX059-227-3116
E-mail : info@mie-jichiken.jp
https://www.mie-jichiken.jp/

1 はじめに

2012年に発生した笹子トンネル事故を教訓とした道路法の一部改正や定期点検時要領の制定などが実施されてきた。2014年には国土交通省社会資本整備審議会・道路分科会より「今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ」との「最後の警告」¹⁾が提言され、多くの自治体においても管理橋梁の定期点検実施に注視してきた。2024年度からは、多くの自治体において3巡目の点検に着手するという状況である。その一方で、団塊の世代の引退の影響から、橋梁点検や橋梁の健全度診断・評価技術を保有する技術者の減少は不可避であり、着実な定期点検の実施と同時に、制度の確保も社会的課題となってきた。

この社会的課題の対策として、2015年には国土交通省がインフラ点検・診断の民間資格の登録制度を開始した。東海地区においては、

岐阜大学による「社会資本メンテナンスエキスパート(ME)」や名古屋大学による「橋梁点検士/橋梁診断士」などが関連する先進的な取り組みと言えよう。このような人材育成の取り組みの他には、ドローンなどを用いて撮影した静止画/動画をjつて点検の効率化を図る取り組みや、機械学習技術や人工知能技術を活用した診断・評価の効率化を図る取り組みなどがあり、2019年には、このような新技術の利用を視野に入れて、道路橋定期点検要領・橋梁定期点検要領の改定および新技術利用のガイドライン(案)が制定された。特に後者の動きは、情報技術(IT)を使って社会環境の変化に

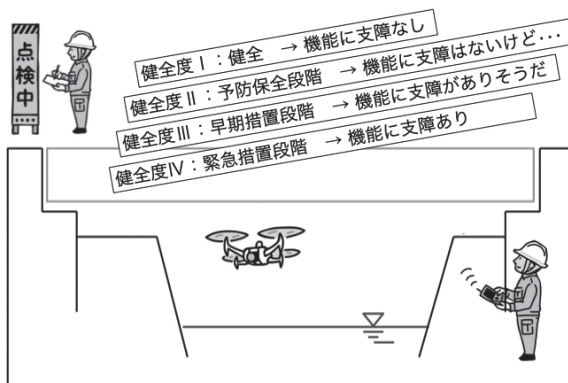


図1 維持管理(橋梁点検)イメージ

2 「情報」

対応できる競争力を高めるための活動である「デジタル・トランスフォーメーション(以下、DXという)」と関連付け「維持管理DX」や「インフラDX」として関心が持たれている。

企業の競争力向上を図る手法として、知識の共有を通して新たな知識を創造することを基礎とした「ナレッジ・マネジメント(知識経営)」と称される経営理論がある。このナレッジ・マネジメントの分野においては、情報を「データ(Data)」「インフォメーション:Information」「知識:Knowledge」「知恵:Wisdom」という階層に分類した「DIKWモデル」あるいは「DIKWピラミッド」をフレームワークとして活用し、知識の共有と新たな知識の創造あるいは知恵の創造による経営の実践を求めている。本稿でDXについて考察するにあたり、この「DIKWピラミッド(図2参照)」について触れておく。

まず、DIKWピラミッドの基礎となる「データ」は数値や実験結果など解釈の素材となりうる全てのものが含まれる階層となる。この「データ」を整理・分析し、解釈できるよ

うにしたものが「インフォメーション」階層を構成する。この過程では、「誰と」「何処で」「いつ」「何を」といった問い掛けに対して説明が可能になる。次に「インフォメーション」と経験を通じて得られた理解やノウハウが、「知識」階層を構成し、「どうやって」といった問い掛けに対する説明が可能になる。さらに、「知識」を有機的に組み合わせることで、普遍的な問題解決能力や発想力が醸成され「知恵」となり、「なぜ」という理由を突き詰める問い掛けに対する説明が可能となる。ここで、情報が各階層を遷移する手段・方法について考えると、「データ」↓「インフォメーション」においては、数式や言葉、書式、様式などの「形式

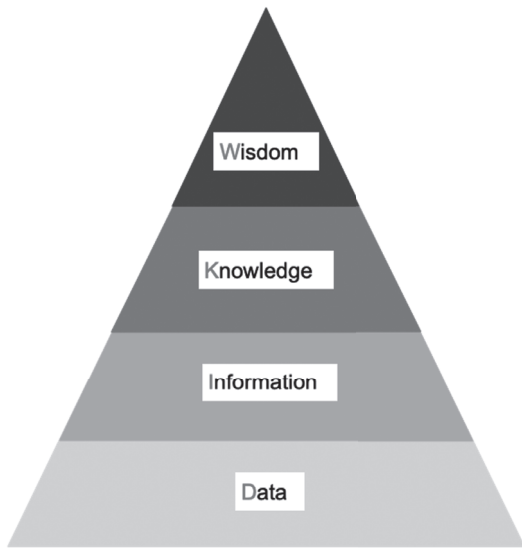


図2 DIKWピラミッド

「Transformation」という造語を発表した。デジタルトランスフォーメーションによる「デジタル化により、それまでの社会や生活の形式・スタイルが変化する」ということがDXであり、その中核は「変化・Transformation」である。我が国においても、2018年に経済産業省が発表した「産業界におけるデジタルトランスフォーメーションの推進」^[3]で

3 DX

知」による変換が主である。一方、「インフォメーション」↓「知識」や「知識」↓「知恵」においては、言語化が難しいとされている「暗黙知」によるところが大きく、特に「知識」↓「知恵」の遷移は、熟練技術者の減少の影響が懸念されている部分であろう。

ここで、本題であるDXについて考えてみよう。

DXとは、2004年にスウェーデンのエリック・ストルターマン教授が氏の論文^[2]で提唱した概念であり、「ITの浸透が、人々の生活をあらゆる面で良い方向に変化させる」として「Digital

は、急激に変化する社会の中で、企業が競争力を向上するためには、製品・サービスあるいはビジネスモデルのみならず、業務そのものや業務プロセスを含む「企業組織・企業活動」を変化・変革させることの必要性が提言されている。

このように、前出のナレッジ・マネジメントもDXも、その導入目的は企業としての競争力の向上であり、変化による恩恵を受けるのは行動している企業自身である。企業の競争力の向上によって、人々に提供する製品・サービスの質が向上することで「人々の生活を良い方向に変化させる」と言えないこともないが、直接的ではないことからストルターマン教授が提唱したDXとは視点が異なるとも言える。

4 社会インフラの維持管理における情報技術の活用

では、社会インフラの維持管理におけるDXは、どうであろうか。

社会インフラの維持管理、特に「橋梁寿命化修繕計画策定」における情報技術の活用を題材として、DIKWピラミッドとデジタル化をキーワードとして考えてみる。また対象業務の特性から、各階層に該当する情報を「点検データ」「損傷の種類と程度」「橋梁の健全度」「長寿命化



図3 維持管理の情報化

計画」と仮定する。

第一階層である「点検データ」におけるデジタル化として、情報の取得時にITを活用することによるデジタル化が挙げられる。従来は、技術者による「近接目視」による情報取得が求められていたが、2019年の点検要領改定によって「近接目視と同等な診断が可能な方法」を用いても良いとされた。これを受けて点検ドローン等を用いて撮影された画像を用いた情報収集技術や撮影された画像からひび割れなどの損傷を検出するための画像診断技術の開発

が進められている。このようにデジタル化された情報に対しては、階層間の遷移においても情報技術の活用が期待できる。

取得された「点検データ」は、予め策定された基準に従って「損傷の種類と程度」に変換される。ここで、問題となるのは基準の様式である。例えば、コンクリート橋のひび割れに関する基準はひび割れ幅やひび割れの方向など「定量的」な基準であることが多いため、変換プロセスの数式化・言語化による自動化が容易であり、また変換後の情報のバラツキが少ないとされている。一方、鋼橋の塗装や腐食に関する基準には「局所的に」や「広い範囲に」などの「定性的」な表現が用いられており、技術者の経験に基づいた暗黙知の影響を受けた変換となる。このため変換プロセスの数式化・言語化が困難であり、人工知能の活用が検討されている。この変換プロセスにおける人工知能の活用においては、教師データとなる大量の「『点検データ』と『損傷の種類と程度』を組み合わせたデータ群」が必要となるが、維持管理におけるデジタル化が進むことよって時間の経過とともに解決される課題とも言える。「損傷の種類と程度」から「橋梁

の健全度」を診断するプロセスは、より数値化・言語化が困難なプロセスであり人工知能の活躍が期待される部分である。その一方で、教育分野で用いられている「ルーブリック評価（図4参照）」の技術を用いることで言語化が可能となる。このルーブリック評価とは、着目する指標とその程度を示すレベル区分を用いて目標とする評価を導出する手法であり、損傷の種類とその程度のルーブリックを用いた「橋梁の健全度」の評価を可能とする。ルーブリック表の作成には暗黙知の活用が不可欠であるが、逆に作成されたルーブ

	指標 1	指標 2	...	指標 n
レベル 1	診断基準／ 評点	診断基準／ 評点		診断基準／ 評点
レベル 2	診断基準／ 評点	診断基準／ 評点		診断基準／ 評点
...				
レベル n	診断基準／ 評点	診断基準／ 評点		診断基準／ 評点

図4 ルーブリック表の一例

リック表は暗黙知を言語化したものであるとも言える。

最後に、「橋梁の健全度」から「長寿命化計画」を策定するプロセスは、コストや時間などの制約条件を用いた最適化のプロセスであり、既に言語化・自動化が実装されている。さらに、近年話題になっている「生成AI」を用いたプロセスの実装も視野に入ってくる。

このように、情報技術の活用の観点から、維持管理におけるデジタル化が可能でありDXのための準備はできていると考えられる。残りの「X」として何が求められているだろうか。

5 情報技術活用の盲点

ここで、情報技術活用、とりわけ人工知能を活用する際の盲点について言及したい。

よく「これまで判断できなかったことも、人工知能を用いれば解決できる」といった言葉を耳にする。これは半分正解であるが、だからと言って「人工知能は万能だ」とはならない。何故なら、人工知能は「与えられたデータ群を読み解き、そこに隠れているルールや相関関係などの特徴を見出し、（まるで人間のように）帰納的な推論を行うことで自

律的に意味や概念を形成する仕組み」であり、まず我々がデータ群を与えることが必要となる。人工知能の前身とも言える機械学習の仕組みでは、データサイエンティストと呼ばれる知識・知恵を持った技術者が、適切な特徴量を有するデータ群を設計する必要があったが、最近の技術進歩によってそのハードルが低くなり、より人々の生活に近い領域での活用が可能になっている。しかしながら、与えられたデータ群の正確度や信頼度が結果に大きく影響することは明らかであり、「信頼できるデータ」を用いる必要がある。

橋梁点検において「信頼できるデータ」を獲得する方法としては、一つは情報収集技術の練度をあげ精度の高い情報を収集する方法があるが、できるだけ多くの情報を収集することもデータの信頼度を高めることが可能となる。後者に関する盲点を挙げるとすれば、健全度毎のデータ数がある。ある自治体の例では、健全度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳに区分された橋梁の割合が、それぞれ60%、35%、約5%、0.01%であった。この場合、健全度診断等において人工知能を活用すると健全度Ⅰと健全度Ⅳに対する教師データの数の差は莫大となり、全ての健全度に対する

評価結果への信頼度が一樣であるとは言えない。また全体に対して0.01%しかないデータ数から導かれた結果に対する信頼度は、それほど高いものではないと言わざるを得ない。逆の視点から見ると、対象となる範囲を限定することで高い信頼度のある評価が可能であるとも言える。

また、健全度を診断する際に、「予算が不足しているので補修をできるだけ遅らせたい」「地元の要望があり、優先的に補修したい」など、数値化することが困難な社会的要求を反映した場合には、「損傷の種類と程度」と「橋梁の健全度」の変換プロセスの数式化・言語化が困難となり、人工知能に用いる教師データの正確度（ここでは、橋梁の損傷程度と健全度のみの関係）も低くなる。これも、社会的要求を反映する以前の健全度（損傷度というべきか）を用いることで正確度を維持することが可能となる。

6 社会インフラの維持管理におけるDX

ここまで、維持管理におけるDXの「D」について述べてきたが、最後に「X」について考えてみる。維持管理においてデジタル化を推進し変化（変革）させる（べき）ものは

何であろうか。

産業界におけるDX推進の目的として企業の競争力を高める点があることは述べた。しかし、社会インフラの維持管理においては、社会インフラの安全性を維持し、提供するサービスのレベルの向上・維持を図ることで、住民に安心を継続的に提供することを最終的な目標と設定するべきではないだろうか。社会インフラの維持管理に携わる技術者や企業の技術力・競争力の向上は、最終目的を実現するための手段の一つに過ぎないと考えてはどうだろうか。

人工知能などのITの活用により、熟練技術者の減少による技術力低下の影響を最小限に抑えると同時に、デジタル化された情報を流通させることで知識の共有を図り、新たな知恵の創造を目指す。この新たな知恵の創造により、これまで見えなかった角度から維持管理全体を見通すことが可能となることが期待できる。別の観点では、新技術の活用が、これまで取得が困難であった情報の収集を可能にし、人工知能の活用によって、これまで見出すことができなかった法則や相関性の発見など、維持管理の新たな一面の出現が期待できる。これらのことは、サービス向上に対するアプローチに

変化（変革）が生じることを意味する。一方、これらの変化（変革）がもたらす負の側面として、タスク管理やマニュアルといった慣例から逸脱する判断を強いられる点がある。特に、説明責任が伴う行政機関においては、この「慣例からの逸脱」が足枷となり、変化（変革）に対する抵抗感が大きいことが予想される。「住民に対するサービス向上」という目的の実現に向けて、一歩踏み出す勇氣を持つことを期待したい。

7 最後に

DXを構成する単語は、それぞれ「デジタル」「変革」と訳されることから、DXを「デジタル〇変革（〇は一文字のひらがな）」と訳そう。この「〇」に相当するひらがなとして、様々な文字が思い浮かぶが、この文字によってDXの持つ意味・印象が大きく変化する。一般的には、デジタル技術を用いることで社会に変革を求めることから「で」が該当すると言われている。その一方で、変化に対する抵抗感が大きい我が国ではデジタル化することで満足し「に」や「へ」に留まることも多い。個人的には、DXの壁として立ち塞がるのは、社会システムでも組織でもなく私達自身の意識であるとい

う意味も込めて「と」を当てはめて、「DX：デジタルと変革」と解釈したい。

[1] <https://www.mlit.go.jp/common/001036081.pdf>

[2] INFORMATION TECHNOLOGY AND THE GOOD LIFE: Erik Stolterman, Anna Croon Fors, UmeÅ University

[3] https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/dx.html



プロフィール

国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学
情報連携推進本部 教授

村上 茂之

1969年 富山県生まれ。大阪大学工学部土木工学科を卒業。これまで大阪大学(1996-1997)、岐阜大学(1997-)、ベルギー国リエージュ大学(1999-2003)にて教育および鋼構造物の終局強度に関する研究に従事し、現在に至る。国土交通省中部地方整備局防災ドクター、三重県建設技術センター技術顧問として三重県内の橋梁長寿命化計画策定に携わるなど、東海地方をはじめとする橋梁の維持管理に関する社会活動を継続的に行っている。近年は、画像分析やUAV(ドローン)の活用など、橋梁点検技術の情報化に関する研究に注力している。