

# AI・3次元デジタルツイン時代のインフラDX

スマートシティやインフラDXの核となる技術として期待される「3次元デジタルツイン」。しかし、華々しい理想とは裏腹に、その普及は遅々として進んでいない。現場からは「莫大なコストに見合う効果が見えない」、「2次元データで十分業務が回っている」という本音が漏れ聞こえる。とはいえ、これは怠慢なためではない。長年にわたり洗練された2次元ベースの業務プロセスは、それ自体が一つの完成形である。そこに高価な3次元データを無理に組み込むことへの抵抗感があることは、極めて理にかなっている。

だが、状況は待ってくれない。2050年には生産年齢人口が現在の7割まで減少する。同時に、高度経済成長期に建設されたインフラの老朽化は加速し、気候変動による災害は激甚化している。この三重苦を既存の枠組みの改善だけで乗り越えることは、もはや不可能に近い。ここで注目すべきが、AIがもたらす可能性がある「コスト革命」である。

70万橋を超える既存橋梁、膨大な道路網や無数のトンネル。これら全ての3次元モデルを従来手法で構築すれば、天文学的な費用と時間を要する。しかし、AIはこの「不可能」を「可能」に変えつつある。例えば、AIが点群データから橋梁の床版、高欄や支承といった部材を自動識別する。

撮影画像から、AIが損傷を発見し、部材にひもづける。あるいはさらに、橋長と幅員だけを入力すれば、LLM（大規模言語モデル）が工学的知見に基づいて桁高や配筋を推定し、BIMモデルやFEM（有限要素法）モデルを生成する試みも行われている。これは単なる自動化ではない。人間の専門知識を、AIが「理解」し「応用」する新たな段階への突入を意味する。

こうした技術革新と並行して、ここで提唱したいのが「空間の記憶」という概念である。従来、我々は情報を時系列で整理してきた。点検記録や補修履歴は「令和5年3月に実施」といった時間軸で管理され、その場所との関係は写真や文書の中に埋もれがちであった。しかし、3次元デジタルツイン空間に情報を直接ひもづけることで、「どの橋脚の、どの高さの、どのような損傷が行っているか」という空間的文脈で知識を蓄積できる。例えば、軟弱地盤による不等沈下の記録を地形データと重ね合わせてデジタルツイン上に保存すれば、AIが類似条件を自動検出し、新規施工時にリスクを警告する。さらに、AIは蓄積された空間データから「この地形パターンではこの種の損傷が起きやすい」という相関を学習し、予測精度を高めていく。若手技術者がVRでデジタルツインに入れば、過去の不具合箇所がAIに



東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構 特任教授 全 邦釘 (ちょん ばんじょ)

よってハイライトされ、ベテランの判断プロセスを追体験できる。「なぜここで不具合が起きたのか」、「どう対処したのか」ーデジタルツイン上に刻まれた先人の知恵をAIが分析・体系化することで、技術継承の新たな形を生み出す。

また、実装も始まっている。筆者らが内閣府のプロジェクトである「SIP第3期スマートインフラマネジメントシステム」で構築・開発した「InfraWalk」は、360度カメラで撮影するだけで、誰もが現場を仮想体験できるプラットフォームである。点検記録、損傷写真や補修履歴を空間上の正確な位置にひもづけ、関係者全員が同じ視点を共有できる。既に複数の地方自治体で実運用を目指した動きが始まりつつある。InfraWalkは高精度な3次元モデルではないが、「実用に足る精度」と「導入しやすいコスト」のバランスが評価されている。まずは使いやすい技術から導入し、現場のニーズに応じて段階的に高度化していくーこの現実的なアプローチこそが、真の変革への近道かもしれないと感じている。

次の段階では、デジタルツインは静的な「デジタル模型」から、動的な「生きたプラットフォーム」へと進化していこう。橋梁に設置されたセンサーが振動を検知し、AIが劣化や疲労の診

断を行う。気象データと連動し、豪雨時の斜面崩壊確率をリアルタイムで更新する。これらは、インフラ管理を真の意味での「事後保全」から「予防保全」へと転換させる。単に定期的に点検するのではなく、データに基づいて劣化を予測し、最適なタイミングで補修を行う、関係者が理想とした世界観の実現が近づいてきていると考えている。

国際的に見れば、中国ではAI開発が極めて活発に進められ、シンガポールは国土全体の精密な3次元モデルを完成させようと積極的な検討を進めている。日本は若干立ち遅れているが、一方で点検調書などきめ細やかなデータの蓄積と、現場の創意工夫を重視する文化が醸成されているという強みもある。これをAIと融合させれば、日本独自の価値を生み出せるはずだ。

インフラDXとは、単なるデジタル化ではない。蓄積されたデータをAIが解釈し、人間の判断を支援し、未来を予測するという循環を生み出すことである。確かに初期投資は必要だ。試行錯誤も避けられない。しかし、人口減少と災害激甚化という現実に向き合い、技術を活用した新たなアプローチを探ることは、避けて通れない道である。

本特集の事例が、読者諸氏の現場における実践的な一歩となることを期待して、巻頭言とする。

【著者紹介】全 邦釘 (ちょん ばんじょ)

平成15年東京大学工学部土木工学科卒。米国Wayne State Universityにて平成22年にPh.D.を取得後、韓国延世大学大学院にて博士研究員。愛媛大学大学院理工学研究科助教、准教授を経て、令和元年より東京大学大学院工学系研究科特任准教授、令和7年より特任教授。専門分野は維持管理工学、情報社会基盤学。