

11. 土木技術研究グループによる技術経営体制実践の成果報告 2025

2025 Results Report on M.O.T. (Management of Technology) by the Civil Engineering Research Group

田村 泰史*1

要 旨

土木技術研究グループでは、施工現場における課題解決と生産能力の維持・向上を目的として、新技術の活用による研究開発を推進している。本報では、点群データ解析や加速度センサー、3次元モデル、動作解析などの技術を活用した8件の研究成果について整理した。これらは、熟練技術者の技能や判断を定量化し、現場における意思決定の高度化と再現性の確保によりさまざまな課題解決を目指すものである。各技術の適用により、施工管理の効率化、安全性向上および技能伝承の促進に寄与する成果が得られた。さらに、技術経営の観点から、次世代への持続的な開発体制の構築と今後の展開について考察する。

キーワード：技術経営体制／点群データ／3次元モデル／動作解析／土木施工技术

1. はじめに

建設業では、担い手不足や施工条件の多様化を背景に、生産性向上と品質確保の両立が重要な課題となっている。このような状況に対し、技術研究所土木技術研究グループでは、新技術を活用した施工支援および技能伝承の高度化に取り組んできた。これらの取組みは、現場における課題解決に資する現場力および意思決定力の向上を目的とし、環境シミュレーション、インフラ点検、施工材料、技能教育など多様な分野に展開している。本稿では、2025年度に実施した開発コンテンツのうち8件の事例を選定し、その概要および成果について報告する。

2. 【事例①】バイオフィリックデザインにおける空間情報活用と地域活性化、人材育成に関する検証

2.1 開発の背景と技術の概要

研究開発拠点やオフィス空間においては、単なる機能性に加え、創造性の向上や知的生産性の最大化を目的とした空間設計が求められている。特に、人の心理的快適性や生理的応答に着目した「バイオフィリックデザイン」は、自然との関係性を空間に取り入れる手法として注目されている。一方で、土木・建築分野においては、意匠性と構造合理性を両立した設計手法の確立が課題であり、伝統構法の知見を現代技術と融合させる試みが重要となっている。

本研究では、土木遺産として有名な日本三奇橋である甲斐の猿橋の構造に着目し、当社技術研究所におけるバイオフィリックデザイン設計への適用について、様々な観点より検証を行うこととした。猿橋は、高さ30m以上

の渓谷に位置し、過去には中山道の主要幹線となるインフラ構造物であった。その構造は、橋脚を用いず兩岸から張り出す独特の刎橋（はねばし）構造形式を有し、経験的知見に基づく合理的な力学バランスと優れた景観性を兼ね備えている。この構造と古来より継承されてきた技術の特性を知財の宝庫となる技術研究所改修の基本設計に適用するため、木組みの特性を活かした荷重伝達機構や支持構造の補完による構造モデルを検討するとともに、古くから継承されてきた技術と人、そして自然環境との共生をコンセプトとした空間構成のデザイン設計を提案した（図-1）。また、提案技術の再現性検証として、猿橋現地での実構造物への3Dスキャナ計測による点群データ取得、そのデータによる構造解析モデルの構築と風環境などの環境シミュレーションによるソフト面に併せて、スケールモデルによるハード面の検証を通じて、設計の妥当性と実装可能性の検証を行った。



図-1 実構造物モデルによるバイオフィリックデザイン

*1 技術研究所土木技術研究グループ 兼 土木事業本部土木企画部

2.2 現時点での効果

本検討により、伝統構法である刳橋（はねばし）構造を現代の建造物空間へ適用するための基本的な設計指針が整理された。特に、荷重反力の支持に関しては、実形状を基にした構造解析モデル（図-2）による検証により、枠式基礎構造と簡易基礎工による反力支持を組み合わせることで、屋内設置においても安定した構造成立が可能であることが示された。また、クサビ構造による接合部の柔構造化により、荷重変動に対する追従性が向上し、局所的な応力集中の緩和および構造全体の耐久性向上が期待される。さらに、木材の弾性変形を許容する構造特性により、微細な揺れやきしみといった挙動が発現し、利用者に対して自然環境に近い感覚的体験を提供できる可能性が示された。これは、単なる意匠的再現にとどまらず、人の感性に訴える空間価値の創出につながる成果である。加えて、構造解析および3Dモデル化により、設計段階における力学的挙動の可視化が可能となり、設計精度の向上とともに、施工時の不確実性低減にも寄与することが確認された。これらの成果は、伝統技術とデジタル技術を融合した新たな設計プロセスの有効性を示すものとなった。

2.3 今後の展開

今後は、本構造モデルの実空間への実装および長期的な挙動モニタリングを通じて、構造安全性および耐久性の定量的評価を行う必要がある。また、クサビ構造を含む接合部の力学特性について、実験および数値解析を組み合わせた詳細検討を進めることで、より汎用性の高い設計指針の確立と先人の技術的対応力の明文化への解明が期待される。さらに、本研究は単なる空間演出にとどまらず、耐震構造としての応用可能性も有している。エネルギー吸収性や冗長性を有する木組み構造の特性を活かし、現代の耐震設計との融合を図ることで、新たな構造形式の創出につながる可能性がある。これは、単に材料適用の範囲拡大の効果だけではなく、3Rサイクル活性化のユースケースにつながる。想定されるニーズとしては、研究施設や教育施設における体験型コンテンツ、企業のブランディングを目的とした象徴的空間の創出、さらにはウェルビーイング向上を目的としたオフィス設計などが挙げられる。また、デジタル技術との連携により、設計・施工・維持管理を一体化したデータ駆動型の空間設計手法としての展開も期待される。

本研究は、伝統構法の再解釈と現代技術の融合により、新たな価値を創出するものであり、今後の土木建築分野における革新的な設計思想の一端を担うものと

して発展が期待されるとともに、実在するインフラの再現効果により地域活性、過去より受け継がれる構造原理の継承を題材とした教育コンテンツへの活用など多岐にわたる技術貢献の可能性を得るものである。

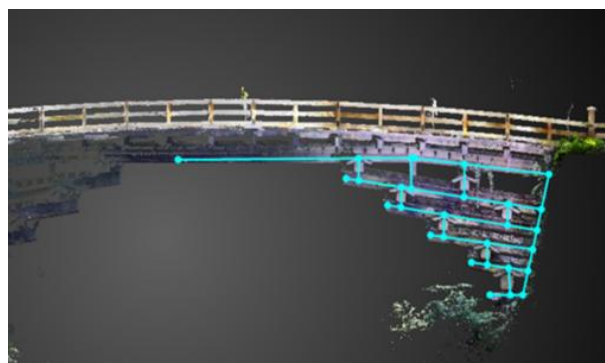


図-2 3Dモデルを活用した構造解析モデル

3. 【事例②】環境シミュレーション技術活用による造成工事の周辺環境管理の高度化

3.1 開発の背景と技術の概要

都市部における造成工事では、粉塵飛散や騒音など周辺環境への影響低減が強く求められている。従来の環境対策は、施工中の計測結果に基づく事後対応が中心であり、施工計画段階において環境影響を定量的に評価する手法は十分に確立されていなかった。特に都市部では、周辺建物や地形、気象条件が複雑に影響し、経験的判断のみで適切な対策を講じることは困難である。さらに、熟練技術者の減少により、経験依存型の施工計画からの脱却が課題となっている。

本研究では、これらの課題に対し、3次元点群データと環境シミュレーションを組み合わせたデジタルツインの構築により、施工前段階での環境影響の可視化と意思決定支援を目的としたものである。具体的には、過去の気象観測データを基に卓越風向および風速条件を整理し、季節ごとの風環境を再現した数値解析を実施した。また、施工現場周辺においてハンディ型3Dスキャナ（図-3）により点群データを取得し、現況に即した高精度な3次元モデルを構築した。これにより、公開GISデータでは再現困難な仮設構造物や



図-3 ハンディ型スキャナ

周辺環境の影響を考慮した解析が可能となった。さらに、これらのデータを統合したデジタルツイン環境を構築し、施工計画および現場管理への活用を図った。

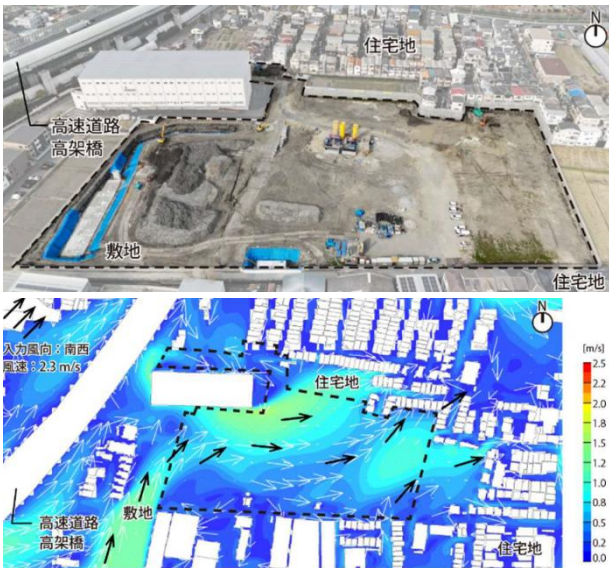


図-4 風環境シミュレーションによる出力

3.2 現時点での効果

本検討により、施工前段階において風環境を定量的に把握し、粉塵飛散リスクの空間分布を可視化できることが確認された(図-4)。季節ごとの卓越風向に応じて、敷地内および周辺住宅地への風の流れが異なることが明らかとなり、従来の経験的判断では把握が難しい影響範囲を具体的に示すことができた。この結果を踏まえ、仮設防護柵の高さを当初計画の3mから5mへ変更するなど、施工計画段階での対策強化が実現した。また、風向に応じた掘削土の仮置き位置の調整を工程計画に反映することで、施工中の環境リスク低減に寄与した。さらに、防護柵設計時には卓越風向を考慮した風荷重設定が可能となり、構造的合理性の向上にもつながった。加えて、デジタルツインを活用することで、施工進捗に応じた地形変化をモデルに反映し、リアルタイムに近い環境評価を実施できる体制を構築した。



図-5 作業員教育による啓蒙

これにより、遠隔地の管理者を含めた情報共有および迅速な意思決定が可能となった。さらに、シミュレーション結果を作業員教育(図

-5)に活用することで、環境配慮意識の向上と施工ルールの徹底にも寄与するなど、現場マネジメント全体への波及効果が確認された。

3.3 今後の展開

今後は、本技術の適用範囲を造成工事にとどまらず、トンネル工事や橋梁工事など他工種へ展開することが期待される。また、環境シミュレーション結果と実際の計測データ、および施工時の対策履歴を体系的に蓄積することで、環境対策に関する意思決定プロセスのモデル化が可能となる。これにより、熟練技術者の経験知を形式知として整理し、若手技術者への技能伝承や教育支援への活用が見込まれる。さらに、AIや機械学習との連携により、過去データに基づく最適な対策提案やリスク予測の高度化も期待される。デジタルツインの継続的な更新により、施工中のみならず維持管理段階における環境評価への応用も視野に入る。想定されるニーズとしては、都市部における厳格な環境規制への対応、近隣住民への説明責任の高度化、および施工の省力化・効率化が挙げられる。特に、定量的根拠に基づく環境対策の提示は、合意形成の円滑化にも寄与する。

本研究は、環境シミュレーションとデジタルツインを融合した新たな施工管理手法として、環境配慮と生産性向上を両立するものであり、今後の都市土木工事における標準的手法としての展開が期待される。

4. 【事例③】 模型演習で育てる若手土木技術者のスキル

4.1 開発の背景と技術の概要

社会インフラの老朽化や担い手不足が進行する中、若手技術者の育成および技能伝承の重要性が一層高まっている。特に橋梁をはじめとする土木構造物の設計・施工・維持管理に関する知識は、実務経験に依存する側面が大きく、体系的かつ効率的な教育手法の確立が課題となっ



図-6 模型演習に使用するキット

ている。このような背景のもと、本研究では模型演習(図-6)を活用した実践的な技術者育成手法の開発を行った。

本研究は、実在する橋梁構造を模擬した模型(猿橋モデル等)を用い、構造挙動の可視化および定量的把握を可能とする点に特徴がある。具体的には、木製キットで組立てた模型に対して荷重を付与した場合の変位挙動を事前の予測と演習後の観察で構造解析と実挙動の比較を行う。これにより、設計理論と実構造の挙動との関係性を直感的に理解できる教育コンテンツを構築した。また、部材のトラッキング解析技術を組み合わせることで、従来の座学中心の教育に対して、体験型・参加型の学習環境を提供することを目的としている。

4.2 現時点での効果

本研究の適用により、若手技術者に対して構造力学の理解促進および実務的な判断力の向上に一定の効果が確認された。模型を用いた演習では、荷重条件の変化に応じた変位や応力の発現を視覚的に把握できるため、抽象的な理論を具体的(現実的)な現象として捉えることが可能となる。この結果、従来の講義形式と比較して理解度の向上および学習意欲の向上が見られた。さらに、画像トラッキング解析の活用により、変位量の定量評価や構造挙動の再現性確認が可能となり、教育効果の客観的評価にも寄与している。これにより、受講者自身が実験結果を解析し、設計値との比較検討を行うプロセスを経験できる点が大きな特徴である。また、複数人での演習を通じて、議論や意思決定のプロセスを共有することで、現場における合意形成能力の向上にもつながることが確認された。

4.3 今後の展開

今後は、本研究の高度化および適用範囲の拡大を図ることが重要である。具体的には、対象構造物の多様化(トンネル、擁壁、ダム等)や、より複雑な荷重条件・損傷状態の再現に対応した模型の開発が挙げられる。また、取得データの高度解析やAI技術の導入により、構造挙動の予測や異常検知といった応用展開も期待される。さらに、VRやAR技術との連携により、模型演習と仮想空間を融合した教育プログラムの構築も有望である。これにより、現実環境では再現が困難な大規模災害や極限状態の挙動を安全に体験できる環境を提供することが可能となる。

想定されるニーズとしては、建設業界における人材育成の効率化、技能伝承の体系化、さらには教育コンテンツの標準化が挙げられる。また、企業内教育やインターンシップ対応(図-7)のみならず、大学教育や技術研修機関へ



図-7 学生インターンシップによる演習状況

の展開も期待される。加えて、デジタル技術を活用した遠隔教育への対応や、国際展開を見据えた多言語化なども今後の重要な課題である。

以上より、本研究で提案する模型演習を活用した技術者育成手法は、従来の教育手法を補完・発展させる有効なアプローチであり、今後のインフラ分野における人材育成基盤の高度化に寄与するものと考えられる。

5. 【事例④】センサーで可視化！土留め変位のモニタリング手法

5.1 開発の背景と技術の概要

建設現場においては、少子高齢化に伴う人材不足や施工の高度化を背景に、DXの推進による効率化と安全性向上が求められている。特に、鉄道近接工事や都市部における掘削工事では、地盤変状が周辺構造物や供用中のインフラへ与える影響が大きく、施工中の変位管理は極めて重要な課題である。従来の変位管理は、トータルステーション等による測量を主体とした間欠的な計測が中心であり、継続的な監視や迅速な異常検知には限界があった。また、計測作業には一定の人員を要するため、人手不足への対応という観点からも課題を有していた。

これらの課題に対し、加速度センサーを用いた簡易かつ高頻度な計測により、土留め壁の変位を連続的にモニタリングするインフラ品質管理システム「KoCaSaN(こか



図-8 計測システムの構成図

さん)」(図-8)を開発した。本システムは、センサーデバイス、ゲートウェイおよびデータ閲覧システムから構成され、現場に設置したセンサーにより取得したデータを遠隔でリアルタイムに可視化することが可能である。さらに、加速度データと壁体長さに基づく演算により変位量を推定し、変位の推移をグラフとして表示することで、施工中の状態変化を直感的に把握できる仕組みを構築した。また、異常値検知時には携帯端末機等へのアラート通知を行う機能を備えることで、迅速な意思決定を支援するシステムとして設計されている。

5.2 現時点での効果

本システムを鉄道近接工事に適用した結果、施工性、効率性、迅速性および高度化の観点から有効性が確認された。施工性の面では、センサーがマグネット着脱式であることから設置が容易であり、防水構造および電池駆動により長期間(約1年間の連続稼働)の現場運用が可能であった。これにより、電源確保が困難な現場においても24時間の継続的な計測が実現された。効率性の面では、自動計測により大量のデータを継続的に取得できるため、従来の測量作業の一部を代替・補完することが可能となり、計測作業時間の短縮と精度向上に寄与した。また、データの一元管理により、情報整理や解析の効率化も図られた。迅速性の面では、リアルタイムで変位状況を把握できることから、異常兆候の早期検知と即時対応が可能となった。特に、アラート機能により管理者への情報伝達が迅速化され、施工中のリスク低減に寄与している。

さらに、高度化の観点では、計測間隔を任意に設定できるため、施工フェーズに応じた柔軟なデータ取得が可能となり、地盤挙動の詳細な分析や設計条件の妥当性検証への活用が期待される。これにより、安全性と経済性の両立を図る新たな施工管理手法としての有用性が示された。

5.3 今後の展開

本システムは、現場における変位管理の高度化に寄与する一方で、いくつかの技術的課題も確認されている。例えば、施工現場の周辺環境によって通信状態が変動するため、中継機の配置や通信設計の最適化が必要である。また、加速度から算出される変位量については、従来計測との整合を図るためのキャリブレーション手法の確立が重要である。今後の技術開発としては、センサー精度の向上や演算アルゴリズムの高度化に加え、AIを活用した異常検知や予測機能の導入が考えられる。これにより、単なる監視システムから、リスクを事前に把握し対応を支援す

る予防保全型のシステムへの発展が期待される。また、本技術は土留め壁に限らず、橋梁基礎や盛土構造物など、他の土木構造物への展開も可能であり、インフラ維持管理分野全体への応用が見込まれる。特に、人員不足が深刻化する中で、遠隔監視や自動化を前提とした管理ニーズは今後さらに高まると考えられる。加えて、本システムの活用は、施工管理の効率化だけでなく、現場技術者の判断支援や技術継承にも寄与する可能性を有している。蓄積されたデータを活用することで、経験に依存していた判断基準の定量化が進み、次世代技術者への知見共有が容易となる。

以上より、本技術は建設現場におけるDX推進の一翼を担うものとして、安全性向上、生産性向上および持続的な人材育成に貢献することが期待される。

6. 【事例⑤】3Dモデルで進化するダム点検

6.1 開発の背景と技術の概要

我が国の社会インフラは高度経済成長期に集中的に整備されており、供用開始から長期間が経過した構造物が増加している。特にダム(図-9)は治水・利水・発電とい



図-9 ダム点検システムの試行現場

った多様な機能を担う重要施設であり、その健全性の確保には継続的かつ高度な点検・維持管理が不可欠である。一方で、建設分野では技術者の高齢化や担い手不足が進行しており、従来の人手に依存した点検体制の維持が困難となっている。このような背景のもと、デジタル技術を活用した効率のいいかつ高度な点検手法の確立が求められている。しかしながら、ダム堤体内部の監査廊は、複雑な三次元形状を有する閉鎖空間であり、通信環境が未整備であることが多く、GNSSによる位置測位も困難である。このような特殊環境においては、既存の点検支援システムをそのまま適用することが難しく、環境条件に適合した

新たな技術開発が必要となる。

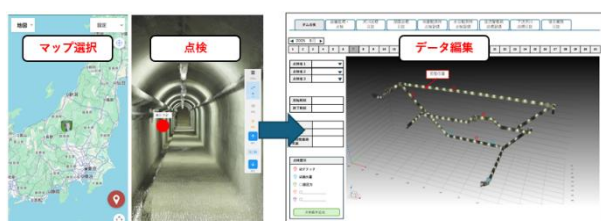


図-10 ダム点検システムの画面構成

本研究では、このような課題に対応するため、三次元モデルを活用したダム点検システム（図-10）を開発した。本システムは、ハンディレーザースキャナにより取得した点群データを基に監査廊の三次元空間モデルを構築し、点検箇所や点検ルートを空間情報として可視化するものである。さらに、タブレット端末を用いた現場入力機能により、点検結果を三次元座標と紐付けて記録し、通信環境がない場合でもローカルに保存し、通信可能時にクラウドへ同期する仕組みを備えている。これにより、現場での記録からデータ整理、共有までを一元的に管理することが可能となる。

6.2 現時点での効果

本システムを実際のダム施設に適用した結果、点検作業の効率化および作業負担の軽減に関して顕著な効果が確認された（図-11）。従来は現場での手書き記録と事務所での再入力という二重作業が必要であったが、本システムでは現場での入力のみで記録・整理・共有が完結するため、事務作業の削減に寄与している。また、点検データを三次元モデル上に登録することで、写真や記録と位置情報の照合作業が不要となり、情報の一貫性と可視性が向上した。特に、点検箇所を空間的に把握できる点は、従来の二次元図面では困難であった情報共有の高度化に寄与している。さらに、入力インターフェースにおいてプルダ



図-11 試行現場における効果確認状況

ウン形式を採用することで、操作の簡便化と記録品質の均一化が図られている。加えて、三次元モデル上で現在位置や点検済み箇所を視覚的に確認できるため、未習熟者においても点検ルートの把握が容易となり、点検漏れの防止に有効であることが確認された。このことは、人材育成および技能伝承の観点からも重要な成果であり、熟練者の知見をデジタルデータとして蓄積・共有する基盤としての有用性が示された。

6.3 今後の展開

今後の技術開発においては、さらなる機能高度化および適用範囲の拡大が重要である。特に、監査廊内における自己位置推定技術の高度化が課題として挙げられる。例えば、QRコード等の位置基準を活用した測位機能を導入することで、作業者の現在位置を高精度に把握し、緊急時の対応や安全性向上に寄与することが期待される。また、点群データを時系列で蓄積し差分解析を行うことで、構造物の変状進行を定量的に把握する技術への発展も有望である。これにより、従来の目視点検に依存した評価から、データに基づく客観的な劣化診断への転換が可能となる。さらに、画像データとの統合やAI技術の導入により、変状の自動検知や異常判定の高度化も期待される。

想定されるニーズとしては、ダム管理業務における効率化および省人化に加え、技術者の育成や技能伝承の支援が挙げられる。また、老朽化インフラの増加に伴い、限られた人員で広範囲の施設を管理する必要があることから、本システムのような統合的な点検プラットフォームの重要性は今後さらに高まると考えられる。加えて、ダムに限らず、トンネルや地下構造物など通信制約下にある他のインフラ施設への展開も期待される。

以上より、本研究で開発した三次元モデルを用いた点検システムは、特殊環境下における点検業務の効率化と高度化を実現する有効な手法であり、今後のインフラ維持管理の高度化に資する技術として展開が期待される。

7. 【事例⑥】中流動コンクリートの新展開

7.1 開発の背景と技術の概要

既設インフラ構造物の耐震性能向上を目的とした補強工事が各地で進められている。特に浄水場などの地下構造物においては、複雑な形状や狭隘な施工空間、既設構造物との取り合い条件などにより、コンクリートの打設品質の確保が課題となる。このような環境では、従来のコンクリートでは十分な充填性が確保できず、施工不良や品質低下のリスクが高まることから、流動性と充填性に優

れた材料の適用が求められている。

このような課題に対応するため、中流動コンクリート（スムーズフィルクリート：以下 SFC）を地下函渠構造物である朝霞浄水場の耐震補強工事に適用し（図-12）、その



図-12 朝霞浄水場耐震補強工事における SFC 適用

施工性および品質確保の検証を行った。SFC は、高流動コンクリートに比べて粉体量や化学混和剤の使用量を抑えつつ、高い流動性と材料分離抵抗性を両立したコンクリートであり、一般的なレディーミクストコンクリート工場で製造可能な点に特徴がある。また、単位セメント量の抑制や乾燥収縮の低減など、耐久性や経済性にも配慮された材料である。

本工事では、鉄筋が密に配置された狭隘部や、既設床版下面への逆打ち施工といった厳しい条件下において SFC を適用し、充填性や施工性の確保を図った。さらに、充填センサーやファイバースコープカメラを併用することで、施工中の流動状況や充填状態をリアルタイムに確認する施工管理手法を導入した。

7.2 現時点での効果

本技術の適用により、狭隘かつ複雑な施工条件下にお



図-13 狭隘な施工部位における充填状況の確認

いても高い充填性と施工品質を確保できることが確認された（図-13）。特に、既設床版下面への打設においては、パイプレタによる締固めを行わずとも自己充填に近い挙動を示し、空隙や未充填部の発生を抑制できた点が大きな成果である。実際に、脱型後の確認においても既設コンクリートとの接合部に空隙やひび割れは認められず、良好な施工品質が確保された。また、ポンプ圧送距離が最大 60m に及ぶ条件下においても、スランプロスを適切に管理することで安定した流動性を維持できることが確認された。これにより、従来は施工が困難であった部位においても、確実なコンクリート打設が可能となった。

施工管理の面では、充填センサーによる充填確認やファイバースコープによる可視化により、施工状況を定量的かつ客観的に把握できるようになった。このことは、従来の経験に依存した判断から、データに基づく品質管理への転換を促進するものである。さらに、施工ブロックごとの結果をフィードバックし、次工程へ反映することで、施工性の継続的な改善にも寄与した。

7.3 今後の展開

今後は、中流動コンクリートの適用範囲の拡大と施工管理手法の高度化が重要である。特に、地下構造物や既設構造物の補強工事など、施工条件が厳しい現場においては、本技術の有効性が高いと考えられる。今後は、異なる構造形式や施工条件における適用事例を蓄積し、配合設計や施工方法の標準化を進めることが求められる。また、施工時の品質管理については、センサー技術や画像解析技術を組み合わせた高度なモニタリング手法の導入が期待される。これにより、充填状況や材料挙動をリアルタイムで把握し、施工中の品質確保をより確実なものとするのが可能となる。さらに、本工事では熟練技術者の知見や生成 AI を活用した不具合事例の整理に基づくチェック体制が有効であったことから、これらの知識をデータベース化し、現場で活用可能な支援ツールとして展開することも有望である。これにより、技能伝承の効率化および若手技術者の育成にも寄与することが期待される。

想定されるニーズとしては、建設現場における省人化・生産性向上に加え、品質の均一化および施工リスクの低減が挙げられる。特に、老朽化インフラの増加に伴い、限られた条件下で高品質な補修・補強を実現する技術の重要性は今後さらに高まると考えられる。

以上より、本研究で示した中流動コンクリートの現場適用は、従来の施工手法を補完し、施工性と品質の両立を実現する有効な技術であり、今後のインフラ維持管理分

野における重要な選択肢となることが期待される。

8. 【事例⑦】スペクトルデータ解析によるヒ素識別に関する研究

8.1 開発の背景と技術の概要

トンネル掘削工事（図-14）などにおいて、自然由来の



図-14 実装の目標となるトンネル切り刃での分析

ヒ素を含有する掘削土の発生が問題となっている。従来は点状採取による化学分析により評価が行われてきたが、ヒ素は地質条件により不均一に分布するため、局所的な試料では全体の性状把握が困難である。また、分析には時間を要するため、施工現場における迅速な判断が課題となっている。

本研究は、これらの課題を解決するため、ハイパースペクトルカメラ（図-15）を用いた非接触・面的評価手法の



図-15 研究に使用するハイパースペクトルカメラ

開発を目的としたものである。ハイパースペクトルカメラは、可視域から近赤外域にわたる波長ごとの反射特性を取得でき、物質の組成や状態の違いを識別可能である。本研究では、計測条件のばらつきを抑制するための撮影ボックスを構築するとともに、スペクトル解析手法として、スペクトル波形曲線の平滑化処理、含水影響の補正、二次微分による特徴抽出を組み合わせた「スペクトルフ

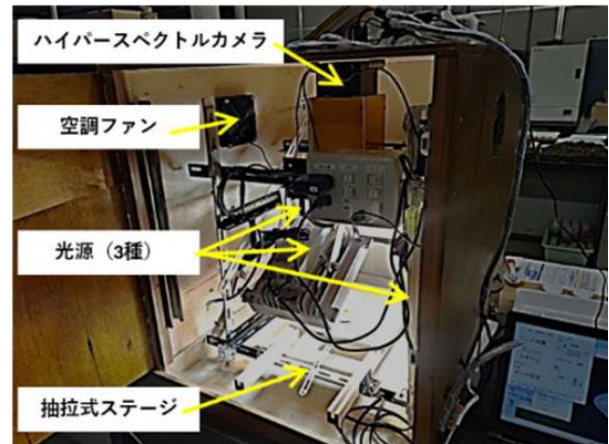


図-16 自社開発の撮影ボックス

ィンガープリント」によるプロファイル生成を提案した。これにより、土質材料に特有のばらつきを抑えつつ、ヒ素含有の微小な差異を抽出する技術基盤を構築した。

8.2 現時点での効果

まず、撮影ボックス（図-16）の導入により、外光の影響を排除した安定したスペクトルデータの取得が可能となり、試料間の比較精度が向上した。また、解析アプリケーションにより任意領域の抽出が可能となり、面的な分布評価の基礎が確立された。

次に、含水状態の影響については、乾燥・湿潤条件でスペクトル特性が大きく異なることを確認し、差分補正により含水の影響を低減できることを示した。これにより、異なる含水条件下でも比較可能なデータ整理が可能となった。さらに、二次微分スペクトルを用いた解析により、ヒ素含有試料と非含有試料の間に特徴的なピーク差が確認され、ピーク位置および強度を指標とすることで識別の可能性が示された。これらの成果から、掘削土中のヒ素含有を非接触かつ迅速に推定できる可能性が明らかとなり、従来手法に対する大きな優位性が確認された。

8.3 今後の展開

今後は、識別精度の向上に向けて、スペクトルデータの蓄積および機械学習等を活用した識別モデルの構築を進める必要がある。また、本研究ではマサ土を中心とした限定的な条件での検討であるため、礫質土や粘性土など多様な土質への適用拡張が求められる。加えて、含水補正についても土質ごとのモデル化を進めることで、より汎用的な解析手法の確立が期待される。

現場実装に向けては、計測機器の小型化・可搬化、リアルタイム解析機能の実装、施工フローへの組込みが重要となる。特に、掘削土の搬出管理や仮置き場での迅速判定

など、施工現場での即時意思決定支援へのニーズは高い。また、環境規制への対応やリスク管理の高度化、さらには人材不足を背景とした省力化・自動化技術としての活用も期待される。

本技術は、土木分野における新たなセンシング手法として、環境評価の高度化と施工管理の効率化に寄与するものであり、今後の社会実装に向けた展開が有望である。

9. 【事例⑧】作業姿勢から読み解く技能の本質に関する研究

9.1 開発の背景と技術の概要

土木施工現場において ICT や AI を活用した生産性向上の取り組みが進められている。一方で、施工現場は現地条件に依存する一品生産であるため、完全な自動化が困難であり、依然として熟練技術者の技能に依存する部分が多い。特に、熟練者が有する「勘」や「コツ」といった暗黙知をいかに可視化し、効率的に伝承するかが重要な課題となっている。従来の動作解析では、モーションキャプチャや動画解析を用いた軌跡の比較が行われてきたが、熟練者と未習熟者の差異が必ずしも明確に現れない場合があり、表層的な模倣にとどまる可能性が指摘されている。

本研究では、こうした課題に対し、「姿勢安定性」に着目した新たな技能評価指標の構築を試みた。具体的には、頭部および両膝の位置から算出される三角形の幾何学的重心を「評価用重心」と定義し、作業中の手元位置との距離変化を時系列で取得することで、動作の安定性および可動特性を定量化した。さらに、最大距離と最小距離の比として定義される可動範囲指標を用いることで、技能レベルの評価を可能とした。また、教育訓練手法として、レーザーセンサーによる視覚的マーキングを活用し、評価用重心の位置を意識させる姿勢誘導型の訓練（図-17）を

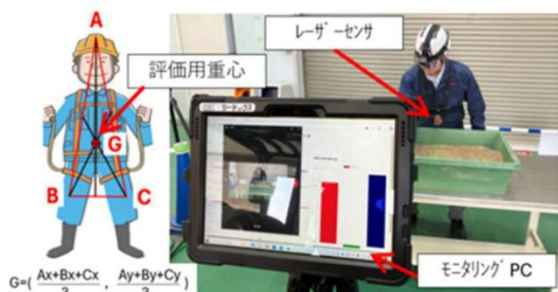


図-17 姿勢制御実験の仕組み

導入した。この手法により、作業者自身が身体の使い方を認識しながら技能習得を進めることを狙いとしている。

9.2 現時点での効果

本手法の有効性を検証するため、未習熟者および熟練左官工を対象に、模擬的な左官作業における動作解析および訓練実験を実施した。その結果、姿勢誘導訓練の導入により、未習熟者の動作軌跡のばらつきが減少し、姿勢の安定性が向上する傾向が確認された。定量的には、可動範囲指標が訓練前と訓練後では約 2 倍の可動範囲の広がり確認でき、熟練者の値に近づく結果となった。このことから、本指標が技能レベルの差異を適切に反映している可能性が示唆された。さらに、被験者へのヒアリングにおいても、重心位置を意識することで動作の基準が明確となり、作業時の迷いや不安が軽減されたとの意見が得られた。これは、本手法が単なる動作の模倣ではなく、身体感覚に基づく理解を促進する教育効果を有することを示している。加えて、本手法は簡易な動画解析およびセンサー機器により構成されており、現場への適用性や経済性の観点からも実用性が高い点が特徴である。従来の高度なモーションキャプチャシステムと比較して導入障壁が低く、実施工環境での活用が期待できる。

9.3 今後の展開

本研究により、姿勢安定性に基づく技能評価および教育訓練手法の有効性が示唆されたが、被験者数が限定的であるため、今後はデータの蓄積による統計的検証が必要である。また、作業条件や対象職種を拡張し、多様な施工環境における適用性の検証を進めることが求められる。

技術的な発展としては、多軸加速度センサーやウェアラブルデバイスの導入により、手工具および身体各部の動作を同時に計測することで、より詳細な技能特性の把握が可能となる。また、AI によるパターン認識を組み合わせることで、熟練者の動作モデルの自動抽出や、リアルタイムでのフィードバックシステムの構築も期待される。さらに、本手法は左官作業に限らず、鉄筋組立や型枠施工など、他の建設作業への展開も可能であり、多能工育成を支援する基盤技術としての活用が見込まれる。加えて、姿勢の安定化は作業効率の向上だけでなく、身体負荷の低減や労働災害の防止にも寄与することから、安全管理分野におけるニーズも高いと考えられる。

今後、技能伝承のデジタル化および教育訓練の高度化が進む中で、本技術は暗黙知の可視化を実現する有効な手段の一つとして、建設業の生産性向上および就労環境の改善に貢献することが期待される。

10. おわりに

本報では、土木技術研究グループにおける 2025 年度の研究開発成果として、施工現場の課題解決と技能伝承を目的とした各種技術の適用事例を取りまとめた。各取組みを通じて、新技術の活用が生産性向上および安全性確保に有効であることが確認されるとともに、熟練技術者の知見を定量化し、現場での意思決定に活用する枠組みの有用性が示された。一方で、技術の高度化に伴う運用面やデータ活用の課題も明らかとなっている。今後は、これらの知見を踏まえ、技術のさらなる洗練と現場実装を進める。特に、今後の土木分野において想定される課題として、人材育成、災害対応、環境サステナビリティへの柔軟な課題解決のモジュール構成を意識した技術経営（MOT）体制の維持と継承に寄与していく。

[参考文献]

- 1) 事例①、ズオンゴックフェン、勝俣佳奈、田村泰史：植物との共生を編む、浅沼組バイオフィリックデザインコンペ、2025
- 2) 事例②、勝俣佳奈、山本貴雪、田村泰史：環境シミュレーションを活用した都市部造成工事における環境保全対策、土木学会、2026
- 3) 事例③、田村泰史、上堀 哲、岡村美好：模型演習を活用した若手技術者育成に関する研究、土木学会、2026
- 4) 事例⑤、寺島隆太、市村和輝、田村泰史：3次元モデルを用いたダム点検システムの開発と適用、土木学会、2026
- 5) 事例⑥、松井憲彦、上堀 哲、田村泰史：中流動コンクリートの現場適用－朝霞浄水場耐震補強工事－、土木学会、2026
- 6) 事例⑦、田村泰史、高橋めぐみ、唐 佳潔：ハイパースペクトル画像を用いた掘削土中のヒ素含有識別に関する基礎検討、地盤工学会、2026
- 7) 事例⑧、田村泰史、嶋田唯一、高橋めぐみ、横山清子：技能伝承を目的とした姿勢安定性に基づく動作解析と教育訓練効果の検証、日本人間工学会、2026