

建設分野におけるフィジカル AI 戦略
(中間とりまとめ)

－ 参考資料 －

令和 8 年 9 月

国 土 交 通 省

参考資料として

「建設分野におけるフィジカル AI 戦略（中間とりまとめ）」の策定に際して、「建設分野のフィジカル AI 活用推進ワーキング」での検討の過程においてまとめられたより詳しい内容を、参考資料として掲載する。今後、コンソーシアム及び各プロジェクトチームの検討、現場実証等を経て、当中間とりまとめの見直しと充実を図るものとする。

○国土交通省の各部局・地方整備局等における AI やロボット技術開発と活用の現状（本文 2-1・2-3 関連）

建設現場における AI やロボット技術の活用やその試みは、各部局・地方整備局において徐々に広がりつつある。ただし、その進展状況は分野によって大きく異なっており、実装・普及段階にあるものから実証段階にとどまるものまで幅がある。

土木施工分野では、土工での建設機械による掘削、積み込み、運搬、敷き均し、転圧の自動化にむけて、後述する自動施工技術基盤「OPERA（Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy）」などを活用した開発及び実用化が進展している。また、山岳トンネルの遠隔・自動掘削、地山条件に応じた発破パターンの自動生成、自律型コンクリート打設等の自動施工・自律施工におけるフィジカル AI の活用についても、いくつかの試みが行われ、技術的な成立性が確認されつつあり、本格導入に向けた実証が継続中の段階にある。

維持管理分野では、車載カメラ・スマートフォンを活用した道路巡視や過去の点検履歴と連携した橋梁診断支援等の AI 画像解析による点検支援等の運用・効果確認が進んでいる。また、河川排水機場においては、センシングデータの AI 解析による異常検知や、四足歩行ロボット等の自律走行システムによる点検・巡視について実装に向けた取組が進展している。

災害対応分野では、危険区域での状況把握・3D データ取得、トンネル内のガス・酸欠環境の確認などロボットによる初動点検・確認について、実地での活用・効果確認が進んでいる。一方、火山灰等の極限環境での走行など、より過酷な環境への適用に向けた実証が行われている段階にある。

技術的な取組の一例として、国立研究開発法人土木研究所では、建設機械施工の自動化促進を目的とし、特定のメーカーやソフトウェアに依存しないオープンプラットフォーム型の「OPERA」を開発している。OPERA は、異なるメーカー・機種 of 建設機械を統一したプログラムで制御できる共通制御信号、仮想環境で自動施工を検証できるシミュレーター、自動施工建設機械、実証試験のための実験フィールド等で構成されており、実機とシミュレーターを連携させた検証環境としても機能している。多数の民間企業等との共同研究が実施されており、オープンな研究開発環境として、産学官連携によるイノベーション創出の場となっている。

○フィジカル AI で実現すること（本文 2-3・2-4 関連）

建設分野におけるフィジカル AI の導入を通じ、省人化・生産性向上に加え、安全性の向上、維持管理の高度化、熟練技能者による高度な判断・作業の継承、インフラの品質確保など、新たな価値の創造を推進していく。

目指す現場の姿は、これまで培ってきた ICT 施工・デジタル化の成果をベースに、さらにフィジカル AI の活用により、人がこれまで担ってきた個々の判断・作業を支援・代替し、少人数で安全かつ高品質に施工・維持管理・災害対応等を持続的に実現する現場である。建設生産・維持管理・災害対応システム全体の設計・管理・判断は、引き続き人が種々の支援技術を的確かつ積極的に利用して担っていく。

こうした目指す姿の実現に向けて、熟練技能者の判断・作業をデータとして体系化するとともに、現場での実証を通じてデータを取得しながら AI 学習・改善を重ね、段階的に形式知化・AI 化を進め、現場実装を着実に推進する。その際、技術開発やデータ蓄積そのものを目的化することなく、現場においてフィジカル AI が実際に機能し役立つことを目標として取組を進める。なお、建設分野のような専門性の高い領域では、当該分野の知識やデータを活用したバーティカル AI の重要性が高まっており、建設現場で日々蓄積される施工データ・センサデータ・熟練オペレータの操作ログ等を我が国の重要な AI データ資産として活用し、その成果をフィジカル AI に導入することで、建設現場の自律化を推進していく。

○フィジカル AI で実現する価値・変革（本文 2-3 関連）

建設分野におけるフィジカル AI によって実現できる価値の一つは、熟練技能者にしかできなかった仕事を自律的な機械が担えるようにすることである。インフラ点検における異常検知や診断、状況に応じた施工判断など、従来は熟練技能者にしか担えなかった高度な認識・判断・作業を AI が学習・継承することで、多数の現場での活用につなげていく。ここで熟練技能者の技能を代替するフィジカル AI は、熟練技能者が積み重ねてきた暗黙知である知恵と経験をデータとして受け継ぎ、次世代へとつなぐものとなる。また、これらを広く建設現場に横展開できるようにすることで、インフラの品質確保につなげるものである。

こうした熟練技能の継承に加え、生産性の飛躍的向上、担い手不足への対応、安全性の向上、国際競争力の強化と新市場創出といった価値の実現に向け、様々な施策と組み合わせながら推進していく。フィジカル AI の活用により、人が担うことが難しい時間帯や状況における施工を補完し、生産性の飛躍的向上を図ることができる。また、フィジカル AI による熟練技能の継承を通じて未経験者や若手技能者でも高品質な施工・点検が可能となる環境を整備し、担い手の入職促進・定着率向上を図りながら、施工管理・監督検査等を含む業務全体の仕事の進め方を見直し、変革を促すことで、建設産業全体の付加価値構造の転換と担い手の確保・育成を一体的に推進する。

安全性の向上については、フィジカル AI の活用により、危険な現場に人が立ち入るリスクを低減し

ながら点検・巡視・災害対応等を担うことで事故や災害の未然防止を図る。

フィジカル AI の開発、活用にあたっては、建設会社・専門工事会社・測量会社・研究機関・機械メーカー・システム提供者・AI 開発者等の協力体制が重要となる。そのため、建設分野の課題を起点として全体像を描き、多種多様な企業・研究機関・行政が協働で効率的かつ効果的な開発・活用が可能となる体制・データ等共通基盤の整備が求められる。それらを通じて、いわゆる、イノベーション・エコシステムの形成が図られ、我が国の強みであるものづくり技術を核とした産業クラスターの形成、地域の活性化、国際競争力の強化が期待される。あわせて、データ提供等を通じた貢献が適切に還元される仕組みを整備することが、継続的な開発・改良サイクルの維持に重要である。

○フィジカル AI の開発・活用基盤の構築（本文 4-1 関連）

建設分野におけるフィジカル AI の技術構成（本文 4-2 関連）

日本は、建設機械や現場用ロボットなどのハードウェア技術で世界的にも強みがある。これを、3 次元データ・施工データ等と高度に連携させ、機械運転の自動化や、AI による作業管理を進めることが求められる。それを実現し、フィジカル AI の効果を最大限に発揮するためには、建設機械や作業用ハードウェアを、AI との親和性を前提とした設計としておくことが重要になる。

建設分野の各種作業におけるフィジカル AI 活用のためには、①フィジカル AI 活用の目標・対象（どの判断・作業をフィジカル AI により支援・代替するか）、②フィジカル AI の制御方式（どのように AI 自律制御を実装するか）、③フィジカル AI 実現のための学習環境（どのように AI に作業を学習させ、改善していくか）の 3 段階で整理していく必要がある。

①では、技術が先にありきではなく、現場のどこに課題・隘路があるのかを起点として、その解決に必要なフィジカル AI 導入の対象を特定する。

②では、実世界で働く物理的な大型機械を運転・制御するために、AI による認識・判断を従来の制御工学による安定した機械制御と両立させ、その有効な役割分担を図ることが重要である。

③では、現場での実証を通じて収集したデータを基にシミュレーターや AI モデルを継続的に改善し、仮想空間と実現場の間でシミュレーション・データ取得・AI 改善が循環するサイクルを構築することが不可欠である。物理シミュレーションと実機運用の差異（Sim-to-Real ギャップ）が生じることを前提とし、実証現場でのデータを継続的にフィードバックすることでシミュレーターと実世界との差異の影響を実用上許容できる水準に縮小することが重要である。

また、技術開発の効率化を図るため、協調領域（業界全体で共通的に取り組む領域）と競争領域（各企業が競争力を発揮する領域）を明確に区分することが不可欠である。

○共通基盤整備（本文 4-2 関連）

フィジカル AI の開発と活用のための技術的な共通基盤について、産学官が一体となってデータ連携・標準化・ガバナンスを進める必要がある。特に建設機械系では、AI ロボティクス戦略（令和 8 年

3月策定、同年5月一部変更）を踏まえ、建設機械等のオープン化・標準化・プラットフォーム化を進め、フィジカル AI 開発が可能な建設機械・シミュレーターなどによって構成された開発のための共通基盤の整備が必要である。そのためには建設機械等機器類の AI-Ready 化の推進や、土木研究所における OPERA のような開発体制の構築などが必須である。こうした共通基盤は、中小企業を含む多様な主体が広く活用できるオープンな環境として整備することが重要であり、建設分野全体でのフィジカル AI の開発・活用の底上げにつなげていくことが必要である。その共通基盤を活用し、「実現する機能の確定とそのためのデータセット構築」→「AI 開発（ソフトウェア）」→「実機検証（ハードウェア）」→「検証結果に基づきハードウェア・アルゴリズムやデータセットの拡充・修正」のサイクルを高速で回すことがフィジカル AI の開発と活用に不可欠である。

○協調領域と競争領域の整理（本文 4-2 関連）

建設分野においては、技術開発の効率化と産業全体のイノベーション加速のため、協調領域と競争領域を明確に区分した上で、それぞれに適した推進方策を設計することが重要である。

協調領域としては、当面、データフォーマットの標準化やインターフェースの共通化などの技術的な共通基盤の整備、及び品質・安全・費用等に係る制度や技術基準の整備があり、これらを官民連携で推進する必要がある。これらの整備にあたっては、各企業が既に有する技術力や知見に配慮しながら進めることが重要である。とりわけ、異業種を含めて異なる複数のメーカーの建設機械・ロボットやこれに関連する製品が現場で協調して動作するためのフィジカル AI 間の通信・インターフェースの標準化は、特に重要である。

また、競争領域としては、3次元データ等を活用した高度な AI モデル開発や、施工ロボット・インフラ点検ロボットの開発・製品化、最適施工計画作成ソフトウェアの開発・高度化があり、これらについては、民間投資を促進し、建設・インフラ分野における新たな価値創出と生産性向上を実現する。

○データ連携・蓄積（本文 4-2 関連）

建設分野におけるフィジカル AI の開発と現場での活用を加速するためには、施工データ、操作ログ、作業進行に沿った環境の 3次元データ（点群）、記録映像、気象条件等の周辺環境データ等の、AI の開発・学習・改善に不可欠な資産を一元的に扱える標準化されたデータ仕様の策定など、相互運用性の高い連携基盤を整備することが重要である。建設分野で蓄積・活用されるべきデータには、現場の状態把握・診断・判断支援のためのデータや AI モデルの学習・改善のためのデータがあるが、それぞれの作業の目的や環境条件などに応じたデータ取得・管理・活用の仕組みを整備していく必要がある。

なお、我が国の国土には、山間部・離島・被災直後等、安定した通信環境を確保できない現場が想定されるが、ここにおいても自律的な動作が継続できるように、通信環境に依存しない作業の実現を可能とする安定的なデータ蓄積と、フィジカル AI の実現が求められる。

○重点的に取り組む対象分野（本文 5 関連）

将来においては、フィジカル AI やロボティクス技術の更なる発展により、建設現場がより安全で生産性が高く魅力ある職場へと変革することが期待される。その将来の夢や希望も含みつつ、生成 AI を活用して作成したイメージ図により未来像を示した（巻末資料）。この未来像は、従前の人による作業を前提として描いたものであり、その実現には多数の技術的課題があるほか、異なる方法によることがより適切な場合もあり得る。

未来を見据えつつ、着実な開発、導入の推進のため、8 つの重点分野の各々において、フィジカル AI の活用により期待される事項を設定する。ここでは、技術が先にありきではなく、現場の課題・隘路を起点として、フィジカル AI の活用により期待される短期及び中長期的事項を明記する。また、「人力技能作業」や「現場内小運搬」等、人向けに構成された環境での多品種・低頻度作業については、人型ロボット等の汎用ロボットの活用可能性も含め、作業特性に応じた検討を行う。これらは、今後、産学官の連携体制により、具体的に検討していくものとする。

(1) 機械施工（土工等：掘削、運搬、敷き均し、積込み等）

土工（掘削・積込み・運搬・敷き均し・締固め）について、一定条件下での建設機械の自動化・遠隔化施工が部分的に導入されている。今後は後付け制御機構による既存の建設機械の適用（レトロフィット）を含め、複数の建設機械による協調施工、建設現場の生産性及び安全性の向上を加速させていくことが求められる。人と AI の役割分担としては、熟練オペレータが監督・異常時対応・最終判断を担い、AI が施工計画の立案補助と建設機械の段階的な自律操作を担うよう、両者の役割を分担する。これにより、熟練オペレータの技能を継承した自律型建設機械を実現し、現場担当者が監督・判断を行いながら複数の自律型建設機械が施工をする現場の実現を目指す。

(2) 人力技能作業（鉄筋：配筋・結束・圧接等、型枠：組立・解体等、現場補助等）

技能作業（鉄筋組立、型枠作業等）について、現状ではその大部分が熟練技能者の手作業・目視確認に依存しており、デジタル化・自動化への取り組みは一部にとどまっている。これについて、AI 支援による施工補助や部分自動化を推進し、安全かつ効率的に作業を進行させ一定品質の施工を実現することが求められる。人と AI の役割分担としては、熟練技能者が品質判断・技能指導・例外対応を担い、AI 及びロボットが作業手順の指示・品質確認・安全管理の補助と反復性の高い作業を担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これにより、熟練技能者の技能・判断を中核としながら、AI とロボットを活用した省人化・高品質施工の実現を目指す。

(3) 現場内小運搬（現場内運搬）

現在、大型車両が入れない狭小地や工事現場内においては、資材や廃棄物の運搬は人力や人が操作する小型重機に依存しており、自走機能を有する運搬ロボットの活用はごく一部に留まっている。これについて、車輪型、クローラ型、脚型の運搬ロボットの現場実装を進め、さらに、複数台運

用時の協調搬送の実現を図ることが求められている。そのため、データの連携・共有化や遠隔制御等を可能とする共通運用の基盤整備を進める。人と AI の役割分担としては、作業員が遠隔監視・異常時介入・搬送計画の最終判断を担い、AI が経路判断・搬送最適化を担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これにより、人手不足が深刻化する現場において大きな人的労働力が使われている運搬作業の抜本的な省力化を図り、効率的な施工体制の構築を目指す。

(4) 構造物点検（道路、河川等構造物等）

橋梁や河川管理施設等の構造物点検については、未だ、近接目視や人力による点検が中心である。ドローン等の活用は一部で取り組まれているが、多くの場合、オペレータにより操縦されたドローンが映像や画像を取得するところまでに留まっている。今後、橋梁や河川管理施設等の構造物点検にドローン・四足歩行ロボットの利用を加速し、AI によるひび割れ・腐食等の異常検知・劣化診断の自動化や高度化に加え、ひび割れ箇所のシール材塗布や、発錆箇所の防錆剤塗布等の簡易措置の自動的・自律的な実施の実現が求められる。人と AI の当面の役割分担としては、点検専門家が最終診断・補修判断・例外対応の責任を担い、AI が損傷抽出・記録作成・優先度付けを担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これにより、点検専門家の知見を学習した AI 等を活用し、予兆検知の支援・高度化を通じてインフラ維持管理の省人化と効率化を目指す。

(5) 巡視・点検（河川巡視、道路巡視等）

河川や道路などのインフラの巡視・点検については、現状では、そのほとんどを人が現地を巡回して目視確認を行っており、簡易な清掃・障害物撤去・軽微な補修等の作業も人手に依存している。ドローン等による点検・巡視は一部で取り組まれ始めているが、現状では、オペレータが操縦しつつ、オペレータや監視者による映像の確認によって点検が行われている状況にある。今後は、ドローンの自律的な巡視飛行や、四足歩行ロボット等の自律移動による変状量計測や異常検出自動化を図り、危険箇所判別や対応の優先度判定の自動化、さらに、応急対応の自律的な実施が求められる。人と AI の役割分担としては、専門家が最終判断・応急対応の指示・例外対応を担い、AI が異常検出・優先度判定・記録作成を担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これを段階的に構築することにより、損傷リスクの高い箇所を優先した予防保全型の維持管理を実現するとともに、蓄積されたデータと AI 解析の高度化を通じて専門家の判断精度・効率を高め、省人化・省力化を目指す。

(6) 除草、除雪、清掃（車両系機械、人力作業）

河川堤防の除草作業や道路の除雪作業・清掃作業等のインフラ維持作業は、現状では、作業員による人手での作業や機械操作での作業が中心であり、作業計画の立案や品質管理も作業員の経験・判断に依存している。この課題について、画像・LiDAR 等による草丈・積雪量・路面状況等の高精度なセンシングと 3 次元データを利用した最適な作業計画の自動生成や、草丈・雪質・堆積状況等に応じた自律的な作業の実現が求められている。人と AI の役割分担としては、作業員が遠隔監視・異常時の介入・作業計画の最終承認を担い、AI が作業計画の立案・経路最適化・

品質管理を担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これを段階的に構築し、除草・除雪・清掃作業等における省人化を実現するとともに、急傾斜地や悪天候下等の危険を伴う作業現場における安全性の向上を目指す。

(7) 災害調査（広域調査、詳細調査）

災害発生直後の広域調査は、現状では、ドローン撮影が活用されているものの、災害現場特有の不安定な環境により、ドローンや移動ロボットの自律飛行・走行は、試行・実証段階にとどまっている。このため、土砂崩落箇所など人が立ち入れない危険箇所の調査の自動化や遠隔化は困難であり、全体状況の把握や、異常箇所の詳細撮影やデータ解析・被害判定は人手に依存している。今後は、ドローンによる迅速かつ自律的な調査や取得データの平常時との差異の自動検出等の実現、四足歩行ロボット等移動ロボットの危険箇所への自律走行などの現場適用を加速し、危険環境における緊急的な調査能力の向上を図る必要がある。人と AI の役割分担としては、災害対応の専門家が最終判断・対応指示・調査方針の決定・例外対応を担い、ドローン及びロボットが迅速な広域スクリーニング・被害判定・優先度判定などを実現していくのが適切である。そのため、ドローン及びロボットが人の立ち入れない危険箇所でのデータ収集・広域スクリーニング・被害判定・優先度判定・損傷抽出・応急作業を担うよう、両者の役割を段階的に分担する。これにより人が立ち入れない危険環境における、人とロボットの連携・協調による迅速かつ詳細・確実な被災調査の実現を目指す。

(8) 災害復旧（土砂撤去、整地、運搬、軽作業、道路啓開等）

災害現場では、人が立ち入れない危険環境において、資材運搬・土砂撤去・緊急排水等の多様な応急作業を迅速に実施する必要がある。現状では、その大部分を有人建設機械・人力に依存しており、無人・遠隔操作建設機械・ロボットの活用は一部の取組にとどまっている。今後、無人・遠隔操作建設機械・ロボットを整備し AI 自律制御の実装を進め、危険環境下での初動対応の迅速化を図るとともに、複数建設機械の統合管理と現場データの連携を可能とする体制を整備する必要がある。人と AI の役割分担としては、ロボットが自らの安全性を確保しつつ自律的な移動・作業を担い、AI がオペレータに向けた危険環境下でのリスク判定・経路算出・作業計画の立案支援を担い、オペレータ及び専門家が遠隔からの監督・異常時の介入・作業方針の最終判断を担うよう、三者の役割を段階的に分担する。これにより、災害対応における安全性の向上と、迅速で的確な初動対応が実現されることを目指す。

○制度や規定、基準の整備（本文 3-5・4-3・4-4 関連）

今後、現場へのフィジカル AI の本格的な導入に際しては、各分野の各種作業及び導入する各種技術に応じて、測量・調査・設計から施工・維持管理に至る一連の業務プロセスを視野に入れつつ、現場の安全、公共事業の品質、契約手法、費用、情報セキュリティ等に関して必要となる制度や規定、基準の整備を進める。その際、工種横断的に適用される基本ルールと各工種に特有のルールを

体系的に整備していくことが必要である。あわせて、フィジカル AI の技術開発と社会実装を加速するため、DX 実験フィールド、民間実験場、実工事現場等の場所と、試験・実験や公共事業における試行等の機会からなる実証環境の整備を図る。

その際、新たな技術の効果が最大限活かされるように、従前の制度等の抜本的な見直しも想定に入れることが求められる。フィジカル AI の活用など、新たな技術を導入しそれを活かすためには、各段階における作業の手法や進め方そのものを根本的に変えることも必要であり、例えば構造設計においては、従来から施工のやりやすさを設計に反映する取組が行われてきたが、これをさらに進め、現場の施工データを AI により分析・体系化し、ロボットが施工・点検しやすい構造・形状・規格への改善を設計にフィードバックする仕組みを構築することが有効である。それにより一連のプロセス全体における大幅な効果及び効率の向上が期待できる。

○人材育成（本文 4-5 関連）

フィジカル AI の活用により現場改善を実現するには、建設事業に携わる人材に求められる技術や技能に変化が起こることが想定される。

当然、建設事業の基本となる土木工学的な知識と経験は不可欠であるが、その知識と経験をベースとして、フィジカル AI 等の新たな技術をどのように使いこなすかといった技量が求められる。そのためには、その新たな技術に対する相応の知識と現場経験に加え、既存の作業慣行を見直し、新たな技術や手法を柔軟に受け入れる姿勢の醸成が重要である。

こうした技術の活用は、現場における作業のあり方そのものにも変化をもたらす。作業においては、単調で長時間の作業や重労働などは軽減されていくが、一方、人手に依ることが必要な繊細な作業等は、引き続き熟練者に求められることとなる。

また、従来の建設機械等の機械装置や設備と同様に、新たな技術を現場で円滑に活用するにあたっては、当該技術の日常的な点検整備に掛かる技術も必要となる。

新たなフィジカル AI 等の技術を現場に導入していこうとする段階においては、熟練技能者の知見や建設現場の実態と、フィジカル AI 等の新たな技術を十分に理解し、こういった作業に、こういった仕様の技術が必要となるかを見定められる人材（いわゆる SIer：システムインテグレータ）が求められる。こうした人材育成にあたっては、大手・中堅建設会社のみならず、我が国建設業の大多数を占める中小・専門工事会社においても対応できるよう配慮することが重要である。このため、業界団体・教育機関・行政が連携し、既に入職した技術者・技能者への教育にとどまらず、大学・高専・工業高校等の建設系教育機関と連携した学生段階からのフィジカル AI への理解促進も含めた育成環境の整備を図ることが求められる。あわせて、フィジカル AI の活用が建設分野に新たな活躍の場を生み出すものであることについて、教育機関等と連携して学生等に発信していくことが重要である。

また、現場技術者・研究開発者・AI／ロボティクス技術者が実証プロジェクトに継続的に参加しながら相互に学ぶ、継続的な実践型の人材育成も重要である。

以上のように、新たな技術を有効に活用できるための人材育成について、今後、各種現場での各種技術の試行・検証を進めつつ、制度構築が必要である。