

## 機械化から AI 時代へ

(一社) 日本機械土工協会 技術顧問 岡本直樹

「建設機械施工」の創刊 900 号おめでとうございます。建設の機械化を国策とし、その推進機関として「建設機械化協会」が昭和 25 年に創設されました。機関誌の創刊は、協会設立前年の協議会時代のタブロイド判からですが、協会と私が産声を上げたのは同年で、年齢も私と同じなので、シンクロして年代を辿れます。900 号を節目として、過去を振り返り、未来を垣間見てみます。

日本の建設機械化の事始めは、早くも明治 3 年に浚渫機械を輸入し、本格的な機械化施工は明治 32 年の淀川改修工事からです。しかし、昭和初期の大恐慌で、失業者の雇用対策として建設機械の使用が禁止され、機械化は終焉を迎えます。そして太平洋戦争が始まり、航空戦時代を迎え、制空権の争奪戦が実は飛行場建設競争であると気付くことになります。米軍は海軍設営隊 Sea Bees による機械化施工でジャングルに 1 週間程で飛行場を建設するが、わが軍は人力で 3 ヶ月は掛かり、この懸隔を埋めるべく急遽、建設機械の緊急開発が開始されました。しかし、見掛けは兎も角、その性能差は克服できなく、海上輸送も儘ならず戦力化を果たせませんでした。

戦後は、進駐軍が建設機械装備を飛行場拡張工事に投入し、その工事を通じて国内の施工業者が機械化施工を習得し、その払下げ機械で装備化が始まりました。また、廃墟と混乱の中で、国土復興を急ぎ機械化に奮闘した有志が協会を創設し、財政貧窮の中で建設機械整備費を捻出し、拙劣な国産機械を辛抱強く育てた人々がいました。協会設立が国産メーカを育て、機械化施工により国土基盤を急速に整え、高度成長を支えた役割は非常に大きく、改めて敬意を顯したいです。

今日、日本の建機メーカは世界有数のメーカとなっています。戦前から模倣によりなんとか国産化を成し、戦後は先進国メーカの技術提携を受けて技術習得と研鑽に努めました。昭和 50 年代になると建機の王様だったブルドーザが激減し、油圧ショベルと王座を交代しました。この頃から世界市場を席卷し、世界有数のメーカに育って行きます。建機メーカは、世界的

に合従連衡が続き、嘗て技術提供を受けた師匠メーカを逆に日本メーカが、吸収買収していくことになり、隔世の感となりました。

私も 70 年代から機械施工に関わってきたので、建設機械への愛着は深いものがあり、施工者の立場から機械施工を覗てきましたので、その観点から振り返ってみたいと思います。建設機械群を指揮していた若い頃、機械群のマヌーバ（機動）をプロットボードに自動表示するのを夢見ていましたが後年、GPS の登場によりそれは実現しました。

1979 年に登場したマイコン（PC8001）は、早速購入して業務に使い始め、作業量計算、走行シミュレーション、マスカブや線形計画法による土配計画等をコーディングしました。また、70 年代後半から数理計画手法による施工機械群の施工計画の秀逸な博士論文が、幾つか上梓されていたので勉強になりました。平成時代に入ると、ミリ波灯台を利用した遠隔監視制御の開発に携わり、土工計画システム開発の他、グラフィック・ワークステーションと地形用 3D-CAD を導入し、施工計画段階の工事用道路の設計、切羽・盛土の 4D 展開を行い、今日の BIM/CIM のフロントローディングを先取りしていました。

そして、1990 年に入ると GPS（単独測位）を利用した DT 稼働モニタリングが始まり、1994 年の RTK-GPS の On-The-Fly 化で誘導制御が可能となり AHS 導入へと進み、自動運転が始まります。建設業界では情報化施工等のデジタル化に取り組みましたが普及は遅々としていました。そこで、2012 年に BIM/CIM の試行を始め、2016 年の i-Construction から一気呵成に導入・普及を図り、施工プロセスの効率化・生産性向上を進め、2020 年頃から建設 DX の取り組みも始まり、i-Construction 2.0 では施工のオートメーション化を目指しています。

第 3 次 AI ブームの原動力となったディープラーニング（深層学習:DL）は、コンピュータが不得手だったパターン認識で人間を凌駕し、建設分野でも人や建設機械等の画像認識で活用しています。そして、近年

の ChatGPT の登場により生成 AI 革命が進行し、大規模言語モデル (LLM) の構築と AI データセンター (DC) の建設が急ピッチで進められています。企業活動では、LLN に社内データ等を付加した RAG (検索拡張生成) の利用が始まっています。製造業でも RAG の導入が進んでいて、PoC (概念実証) 段階から本格活用が活発化しています。GAFAM が LLM と DC を寡占していますが、彼らは公開データしか保有していません。日本の製造業には製造データを持つ優位性があり、蓄積データやナレッジの活用が進められています。

では建設業はどうか？ 遅ればせながら建設業でも RAG 等への取組みが始まっていますが、文章作成や画像生成等の試行段階で、施工への利用までは進んでいません。建設業者に眠っている現場のノウハウは多いが、データ化は難しい。社内データとして保有している企業も自社データだけでは足りず、建設専用 AI データセンターの必要性が浮上しています。

一方、LLN はマルチモーダルに深化し、AI エージェントの開発に発展しています。マルチモーダルに対応した AI は、「記号接地問題」も克服するでしょう。AI エージェントの施工での利用は、施工計画、施工管理、操機等が考えられますが、AI エージェントの段階になるとオンプレミスでは難しく、巨大テックが構築する基盤上 (プラットフォーム) に築くと、そのエコシステムに深く組み込まれそうな懸念があります。

さて、これから先はどうなるか？ AI 技術の動向を観ていると、建設機械の将来の機序が見えてくるので、現在地から AI 技術を投影してみます。近頃、マルチモーダル LLM によって、外界を認識できるようになり、AI に欠けていた身体性の獲得へも前進して

います。ロボットや自動運転車が周辺環境を認識し「世界モデル」を構築して、行動計画と動作生成を始めました。また、拡散モデルを応用したロボットの行動生成の研究が始まっていて、これらの技術はやがて建設機械の自律制御にも移転してくるでしょう。そして、移動ロボットには学習済みマルチモーダル LLM から小型言語モデルにキュレートした推論用エッジ AI が搭載されるでしょう。現在の建設機械は、生成 AI からまだ程遠い位置にいて、自称の自律建機も「AI 基盤モデル (FM)」を搭載していませんので、LLM 参照や推論ができません。現状の自律的作業は、技術者が遠隔監視していて、必要に応じて介入します。現場フォアマンの声に従うには、マルチモーダルな FM が必要となります。

自律建設機械は、地形図のどの位置にいるかを GNSS 等で捉えています。作業状態はカメラ情報から確認して、次の状況を予測して動かさねばなりません。

現状はルーチンワークである個別作業 (掘削・積込み、敷均し、スロットドージング等) の自律化段階ですが、非ルーチンワークの段取作業を自律化するには、段取目的に向けて、目的形状の造形と段階的地形変化の予測と修正を繰り返す、他への影響等の推論も必要です。しかし、訓練に必要な実世界でのシナリオデータの不足が課題となります。そこは無数のバーチャル世界の生成によりデータ不足を補うことになりそうです。

以上、AI 技術の動向から将来の機械土工の一局面を想像してみましたが、取留めのない話となりました。1,000 号が出る頃には、更なる技術加速とパラダイムシフトにより、自律 AI 建設機械群が存分に活躍していることでしょう。