

AI時代の建設 DX と次世代プロダクト開発

井 川 甲 作

ディープラーニングの進化により、AIは飛躍的な進展を遂げている。ソフトウェア開発も従来のロジック記述型からデータ駆動型の「Software 2.0」へと変容し、プロダクト開発に革新をもたらしている。本稿ではAIがプロダクト開発に与える影響を技術的視点で紹介し、併せて建設業におけるAIプロダクト事例、将来展開について述べる。

キーワード：AI, Software 2.0, スケール法則, 大規模モデル, プロダクト開発, LLM, AI エージェント

1. はじめに

ディープラーニングの飛躍的な発展により、AIは近年大きな転換期を迎えている。2012年のAlexNetによる画像認識性能の飛躍や、2015年のResNetによる画像認識精度の人間超え達成など、ディープラーニングの成功が第三次AIブームを牽引してきた。

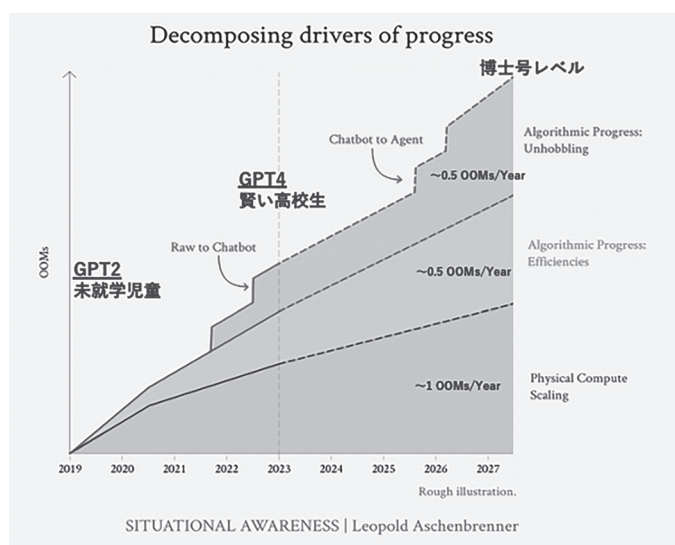
その後、ChatGPT等の大規模言語モデル（Large Language Model：LLM）が登場することでAIはさらなる進歩を遂げており、ちょうど2年前に筆者が本誌に「建設DXを実現するソリューション開発手法・体制・技術」¹⁾でAI関連の事例を紹介した際には、まさにGPT-4がリリースされLLMが急激に進化した

タイミングであった。

その時点で紹介したのは、大規模モデルを用いた文書からの構文解析、大規模モデルを用いた管のセグメンテーションという初期的な事例であったが、この2年でさらに進化し汎用性を高めビジネスでの活用が進んでいる。

OpenAIのLeopoldによると、今後もAIは理論的な進化だけでなく、学習するためのコンピューティングパワーの増加などにより高度化は続き、2027年には博士号レベルのAIが登場すると述べている²⁾（図—1）。

また、Kokotajloらの「AI 2027」³⁾によると、2025年からエージェント化が本格化し、2027年末までには汎用人工知能（AGI：Artificial General Intelligence）



出所：「SITUATIONAL AWARENESS」, Leopold Aschenbrenner, 一部加筆

図—1 AI進化とその要因

物理的なコンピューティングパワーが年々増加することに加えて、AIのアルゴリズムの制約が克服される、効率性が上がる等が、加わって2027年には博士号レベルのAIが登場すると言われている。

これは、従来の試算（コンピューティングパワーの増加のみで推定）よりも数年早い

が登場するとも言われており、進化のスピードが衰える兆しは見えない。

同時に今後はソフトウェアも AI を活用しデータによる統計的な推定で処理をする製品に切り替わっていく。これによりこれまで実現不可能であった複雑で高度な処理が行えるプロダクトが登場すると考えられている。

本稿では、AI 技術進化の潮流とそれに伴うプロダクト開発の技術的視点からの変化について概観し、特に Software 2.0 というデータに基づく新たなソフトウェア開発方法やスケール法則という性能向上の経験則について紹介する。また、それらが建設 DX に与える影響に着目し、事例として当社の取り組みを紹介する。

2. AI によるプロダクト開発の進化

(1) プロダクト開発と Software 2.0

AI の進化は、プロダクト（主に顧客に価値を提供するアプリケーション）の開発に大きな変化をもたらしている。

元来プロダクト開発の目的は、課題を解決するもしくは、新しい価値を生み出すことである。その手段としてコンピューターが利用され、通常はアプリケーションとして顧客に届けられる。

コンピューターは通常、入力を受け取り、演算処理を行い、結果を出力する。この演算処理をどのように実現するかが、ソフトウェア開発の中心的なテーマである。

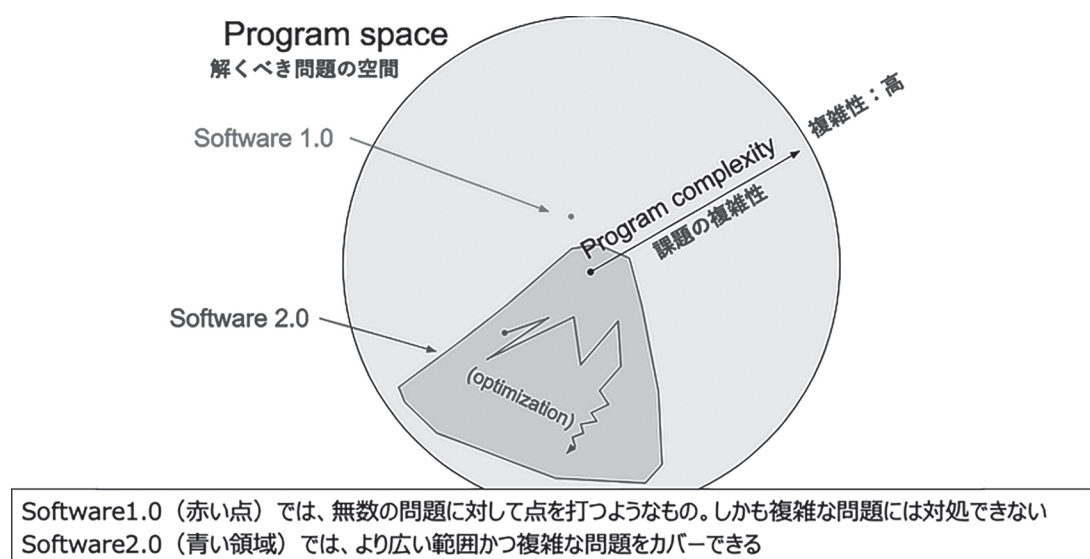
これまでソフトウェア開発は、プログラミング言語で手順やロジックを一つ一つ記載していくものであったが、2010 年代に入り深層学習が著しい成果を上げの中で変化が起きている。元テスラの AI ディレクターである Karpathy は、ソフトウェア開発の新たな潮流として Software 2.0⁴⁾ という概念を 2017 年に提唱している。ロジックを書くのではなくデータにより処理を行う新たなパラダイムを Software 2.0 と名付けている（図—2）。

従来型のソフトウェア開発（Software 1.0）では、人間のプログラマーが要件を満たすロジックを、一行一行プログラムのコードとして書き下し、処理を実現していた。

この方法は、ロジックが明確で単純な場合には有効に機能する。例えば、消費税計算をする場合、消費税 10% とすると、 $y=1.1 * x$ （ y ：税込価格、 x ：税抜き価格）と定式化できる。これをプログラムすれば、コンピューターは高速に正確に処理し結果を出力してくれる。明確にルールが決まっている処理には、従来型の開発（Software1.0）は有効な手段である。

しかしこの方法は複雑な処理になるとうまくいかない。例えば、自動運転制御で赤信号なら止まるという処理を入れるとすると、まず赤の定義が必要になる。赤も一色ではなく雨天でオレンジに見える場合はどこまで色の変化を許容するかなどの考慮が必要になる。多様なケースをロジックとして記載し始めると大量のプログラムを記載しなければならず開発は困難になる。実際、例外が多くうまく挙動しない。

Karpathy はこういった課題に対しては、Software 2.0



出所：“Software 2.0”, Andrej Karpathy, 一部加筆

図—2 Software 2.0

と呼ばれるデータに基づいた開発方法が有効であると述べている。

Software 2.0 では、プログラムそのものを書くのではなく、膨大なデータによってモデル(ニューラルネットワーク)のパラメータを自動生成するというアプローチになる。人間が用意するのは望ましい振る舞いを定義するデータセットと大まかなモデルアーキテクチャだけであり、あとは AI の学習によって最適なモデルが生成され処理が行われる。このようにして得られるニューラルネットワークは従来の手書きコードにはない高い性能を示すケースが多い。

自動運転であれば、信号の画像とブレーキ、アクセル、ハンドル等の動きのデータを集め、こういった画像が入力されたら、アクセルを緩め、ブレーキを踏むのかを統計的な確率で処理する。これによりロジックを大量に書かずとも、複雑な処理が可能になる。今の自動運転はこういったデータに基づく開発 (Software 2.0) によって急激に進化を遂げている。

Karpathy は、「通常ロジックを書くよりもデータを集める方が容易」と述べており、これが Software 2.0 による高度な処理を可能にしている。今後はデータがいかに効率的に集めるかが重要なポイントとなる。

(2) スケール法則

Software 2.0 が 2017 年に提唱された際は、理論的

には正しいが、現実的には難しいという状況であった。自動運転、画像認識等、様々な領域でデータを集めて AI を構築しても十分な性能がでないという状況であった。

その後、AI、特に ChatGPT のような大規模言語モデル (LLM) が進化し、Software 2.0 的な開発が普及してきたが、これは AI のスケール法則⁵⁾ によるところが大きい。スケール法則はより多くの学習データ、多くのパラメータを利用することで、AI のレベルが向上していくという法則である (図-3)。

ディープラーニングのモデルの性能は、モデル規模やデータ量、計算資源を増大させることで向上することが経験的に知られている。OpenAI の研究者らは言語モデルの性能がモデルのパラメータ数や学習データサイズ、計算量に対してべき乗的に向上することを示し、極めて大規模なモデルを訓練することで初めて得られる汎用的な能力が存在することを示した⁵⁾。

この知見は、2020 年の GPT-3 の成功によって広く認知されるようになった。その後、GPT-4 が登場し、大規模化の競争が本格化した。

スケール則により、LLM を中心に高い能力が得られることがわかると、ChatGPT のような LLM だけでなく、他の AI 活用でも Software 2.0 的な開発はより進み、自動運転などにおいても大量のデータを取得し、高度なモデルを構築し、より高度な処理が行える

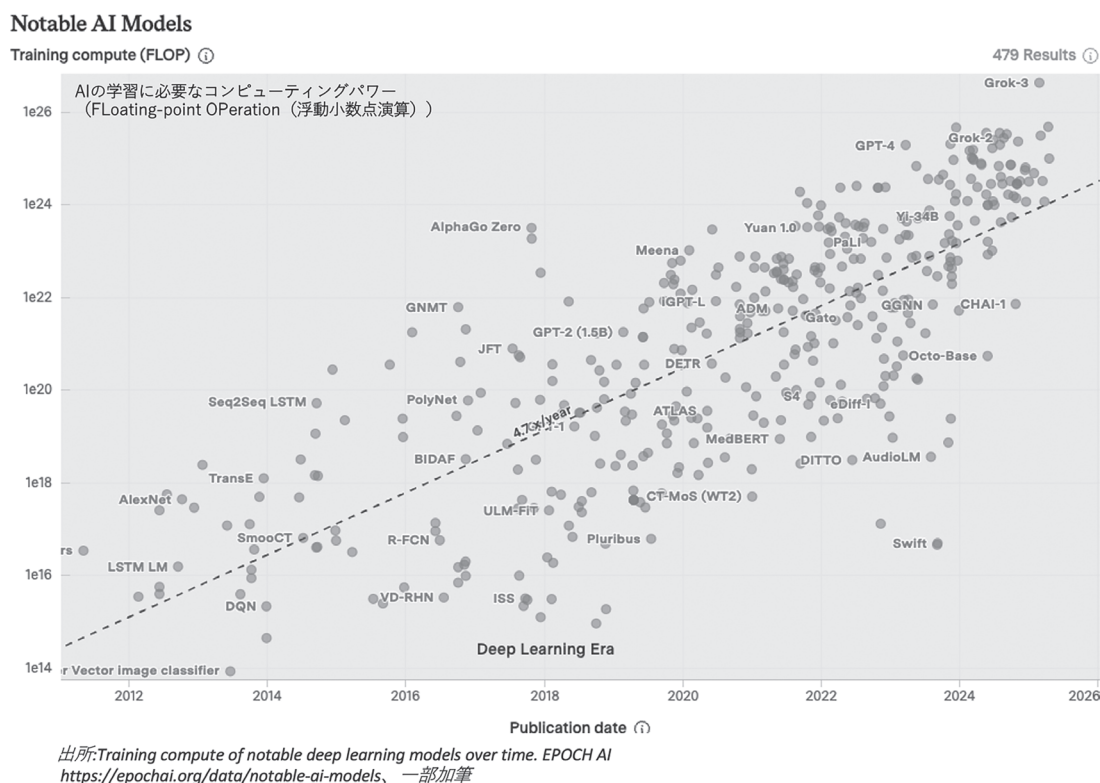


図-3 トレーニングに必要な FLOP と AI モデルの関係

AIの開発が進んだ。

一方でこれらのモデルは非常に大規模なニューラルネットに膨大なデータを学習させることが必要で、性能向上には莫大な計算資源が消費される。GPT-4のモデル構築の訓練費用は推計6,300万ドルにも上ると報じられている⁶⁾。

スケール法則によりモデルの大型化・巨大化が進み、その訓練費用も跳ね上がっている。大規模モデルの構築は、資本競争になっており、一部の大規模資本をもつ企業のみが競争力をもてるのが実情である。

一方で、これらモデルは、公開され広く利用することができるようになっており、建設業での活用ではこれらのモデルをいかに応用するかが重要になってくる。

(3) プロダクト開発の変化

スケール法則と Software 2.0 の普及により、プロダクト開発に大きな変化が生じている。大きく次の3点について述べる。

①ソフトウェア開発生産性の大幅な上昇

AIを活用した開発支援ツールがエンジニアの生産性を大幅に向上させている。近年登場した GitHub Copilot や ChatGPT に代表される大規模言語モデル (LLM) 搭載のコーディング支援 AI は、多くのソフトウェア開発者にとって日常的なツールになりつつある。

単なるコーディング支援だけでなく、バグ検出、リファクタリング等にも活用が進み、開発効率が飛躍的に向上するケースも報告されている。GitHub の調査によれば、Copilot の使用により開発者の生産性が 55.8% 向上したとの結果が報告されている⁷⁾。

最近では、AIの進化によってソフトウェアエンジニアの需要自体が減少する可能性すら議論されている。Salesforce 社のマーク・ベニオフ CEO は 2025 年度、新規のソフトウェアエンジニアを一切採用しない方針を表明している⁸⁾。ベニオフ氏は「自社で開発・活用している AI エージェントが大きな成功を収めており、人間のエンジニアを増やさずとも業務を遂行できる」と述べている。

② Public LLM/SLM を活用したアプリケーション開発の高速化

現在、OpenAI の ChatGPT、Google の Gemini など、多様な LLM が商用展開されており、それらを活用するアプリケーション開発が盛んになっている。

これは LLM に、特定業務に特化した UI を追加し、特定業務のデータを AI に付加するなどして、プロダクトを作り上げるアプローチが主流になってきてい

る。例えば、会計リスク検知の AI アプリや、社内従業員向け AI チャットボットなどが登場している。

また、SLM (Small Language Model) と呼ばれる軽量のモデルも登場し、これはローカルの PC で動くので、建設現場でインターネットがないような環境でも AI を稼働させることができ、活用が期待されている。

③現実世界の課題解決への適用

AI 活用の際はデジタル空間のみならず、物理的な現実世界にも広がってきている。画像処理や文書作成といったデジタル完結型のタスクは広く普及した一方で、現在はロボティクスや宇宙開発、自動車の自動運転など、現実世界で活用する AI 開発が進展している。

Software 2.0 的なデータに基づいた開発ではより多くのデータを集めることが重要であるが、現実世界でのデータ収集には限りがある。実験等を通じてデータを取得するにもコストがかかるため、近年ではシミュレーション技術が進化してきている。

NVIDIA 社の提供する Isaac Sim⁹⁾ (図-4) は、バーチャル環境内で AI ロボットを開発・検証できるシミュレーションプラットフォームであり、物理的なシミュレーションが可能となっている。複雑なロボット動作を現実投入する前に安全かつ効率的に試行錯誤することを可能にしている。

数万回、数百万回シミュレーションを行い、データを取得し、それを強化学習という AI 手法を用いて、学習させモデルを構築する。膨大な回数実験だけでなく、様々な環境設定も可能で、例えば雨の日や夜間、早朝など様々な状況を設定して自動運転のデータを取得することができる。多様な環境のデータをとることで AI の汎用性を高めている。

リアルハードウェアプロダクト開発においてはシ



図-4 NVIDIA Isaac Sim

ミュレータ上での反復開発で、AIモデルを迅速に磨き上げて実世界へ展開する、いわゆるシミュレーション・ファーストの開発手法が広がりつつある。

3. 建設業におけるAIプロダクト開発への取り組み

AI時代のプロダクト開発の潮流を受けて、建設業でもAIの利用が活発化している。当社では、「Smart Construction®」と呼ばれる建設業向けプロダクトを通じてAIプロダクトを提供している。ここではその取り組みをいくつか紹介したい。

(1) 施工計画の提案：最適化計算

当社では、施工計画の立案をAIで支援するアプリケーション「Smart Construction Simulation」を開発している（図—5）。これは、ドローン等で取得した現況地形と設計面の差分をもとに、切土・盛土の位置・順序を明確化し、最適な運土計画・配車計画を作成するものである。

運土ルートとの組み合わせは膨大であり、一般的にコンピュータで解くのが困難な問題に分類される。

同社では、まず専門家の意見を聞きルールをいくつか策定し（傾斜が一定以上の仮設道路は除く等）、ロジックを記載する手法（Software 1.0）でパターンを絞り込み、ルールとデータ（Software 2.0）を組み合

わせ、現実的かつ最適な計画を導いている。

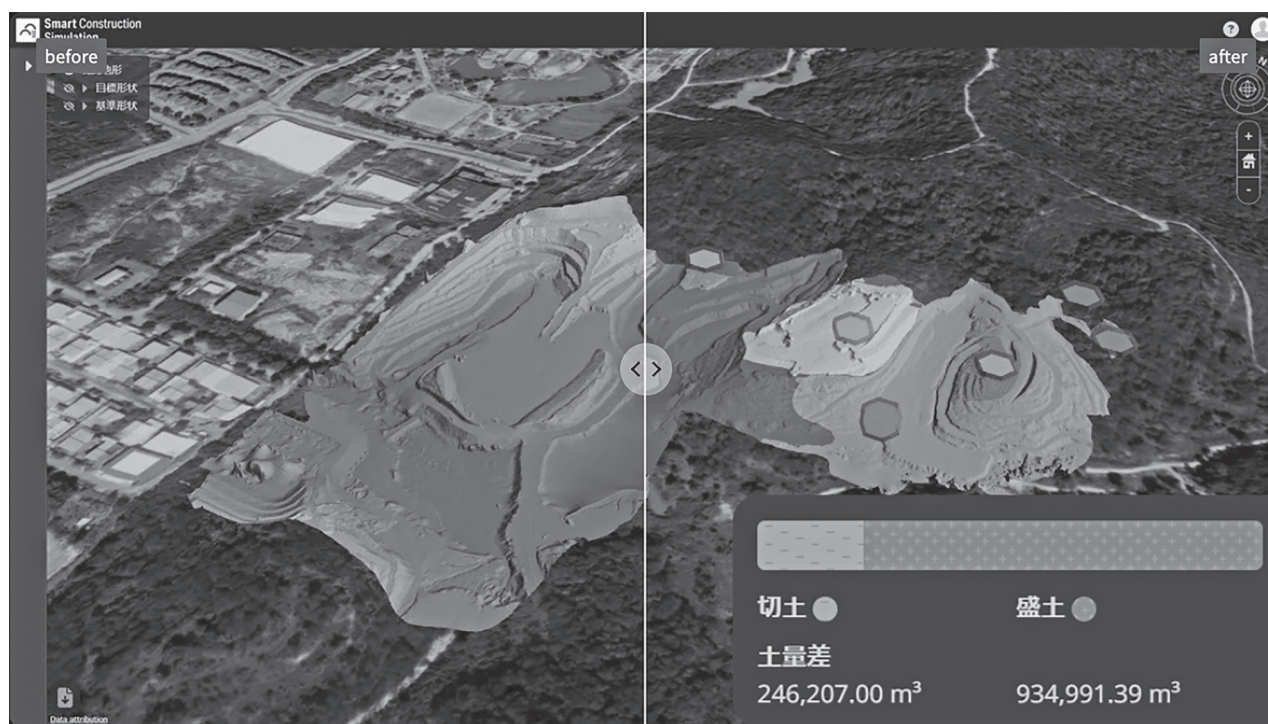
この計画には、各作業に必要な建設機械の台数や予想される工期などが含まれ、実際の車両稼働データと比較することで、自動で計画と実績の差異を把握することができる。天候や予期せぬ事態で現場状況が変化しても迅速に計画差異を把握し、計画を見直し、PDCAサイクルを高速に回すことが可能となる。

施工計画立案の時間が短縮され、予実管理が効率化されることで生産性向上が見込まれる。実際、本サービスの導入により施工計画の精度向上と工期短縮が実現し、現場の生産性が向上することが報告されている¹⁰⁾。

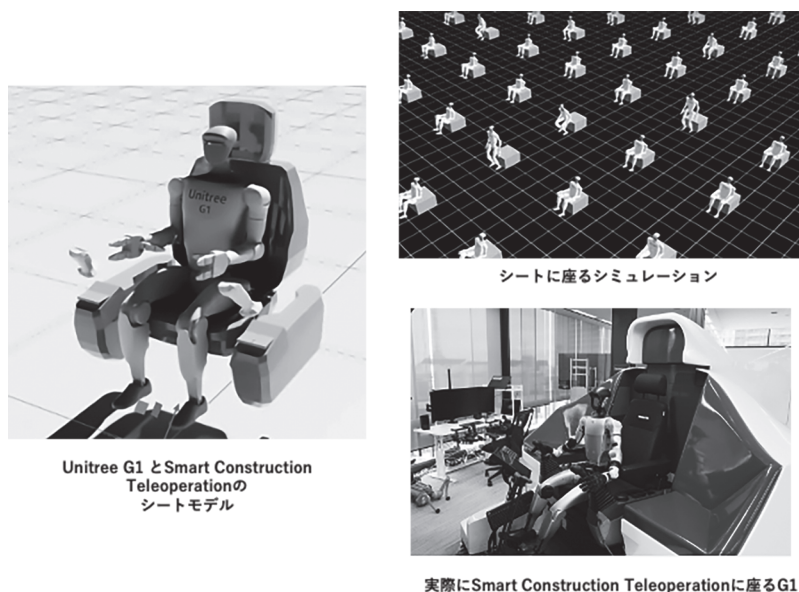
(2) 自動運転：物体シミュレーションと強化学習

自動運転・ロボティクスの開発で、物理シミュレーションと強化学習を活用している。建設機械の cockpit 内にロボットを設置し、ロボットに車体を制御させる実験においては、NVIDIA の Isaac Sim を用いた仮想環境上で学習を行っている（図—6）。

ロボットの制御は単純な行動でも制御が難しく、強化学習の活用が不可欠になっている。このシミュレーション環境において構築されたAIモデルは、現実のロボットに転送され、実証を通じてさらなる精度向上とチューニングが進められる。仮想と現実を往復する学習サイクルが、物理的な建設現場へのAI適用において重要になってきている。



図—5 Smart Construction Simulation



図—6 Issac Sim を用いたロボットのシミュレーション



図—7 安全支援アプリ

(3) 安全支援アプリケーション

当社は、現場写真から安全についての注意喚起を行う「安全支援アプリ」を提供している（図—7）。

建設工事では、現場に潜む危険をいち早く察知し、労働災害を未然に防ぐことが重要な課題である。本アプリは、現場で撮影した写真をAIが解析し、写っている建設機械や、人、地形などから危険箇所を自動的に特定するとともに、安全上のリスクとその対策を提案する。併せて、関連事故事例や法令なども提示する。現場監督者が行う安全パトロールや危険要因の洗い出しの業務が、AIにより軽減され網羅的なリスク評価が可能となる。

また、対話型 AI 機能も実装されており、分析結果

をベトナム語に翻訳したり、安全標語を生成したりするなど、ユーザーの現場対応力向上に貢献している。

本アプリは、ベースとして GPT や Gemini といった商用 LLM を使い、合わせて、国土交通省や厚生労働省のオープンデータ、独自に収集したデータベースを参照して結果を提示している。これにより一般的な安全に対するコメントではなく、建設業に特化した分析結果が出力されるようになっている。

また、Langfuse と呼ばれるモニタリングツールで日々改善を進めており、おかしな出力があった場合にはそれを改善するなど、プロンプトチューニングを通じて性能改善が図られている。

このように、業界特化型ナレッジと汎用 AI の融合

によるアプリケーション開発と運用改善のループが、AI時代のプロダクト開発の鍵を握ると考えられる。

4. AI 進化のこれから

(1) AI 単体モデルの進化

汎用人工知能（AGI: Artificial General Intelligence）の実現が現実味を帯びつつある。AGIとは特定の課題に限定されず人間と同等の知能を備えたAIを指す概念である。前述した「AI 2027」³⁾では、2025年から2027年にかけてAIが爆発的進化を遂げ、人間以上の活躍を示し、2027年前後にはついにAGIの出現に至るシナリオが描かれている。

ここまで行かないにせよ、Leopold²⁾が言うように2027年に博士号クラスのAIモデルが出現するのは蓋然性が高く（図—1）、ChatGPTのようなAIチャットボットでも適用範囲は拡大していくだろう。日々の帳票作成業務や、集計・分析等の定常業務の多くはAIによって行われるようになるだろう。

(2) エージェント化するAI

AGIまでは懐疑的な面もあるが「エージェント化したAI」が活躍する未来は十分に考えられる。

エージェント化とは、AIが複数のアプリケーションやシステムと連携し、ユーザーの代理として高度な意思決定や行動を行うものである。例えば、「旅行に行きたい」とエージェントに伝えれば、希望や思考を加味して、Webの情報から観光プランを作成、併せ

て航空券予約、宿泊、交通の手配を一括して行うなどが想定されている。

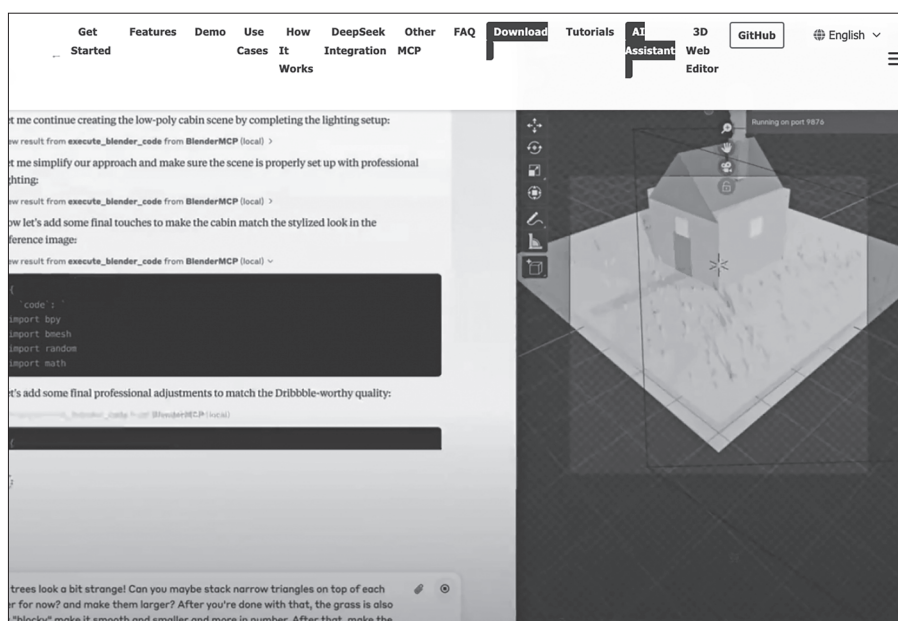
エージェントに向けては技術進歩も続いており、Anthropic社が提唱するModel Context Protocol (MCP) は、AI (LLM) を外部のデータソースやアプリケーションに接続するためのオープン標準プロトコルで、「AI用のUSB-Cポート」のように様々なツールとのインターフェースを標準化する試みである。

図—8のBlender MCPは、3DモデリングソフトウェアであるBlenderと対話型AI (Claude) を接続し、テキストによる指示でBlender上での3Dモデリング作業を自動化するデモンストレーションである。

ユーザが「森の中の小屋を作って」と文章で命令すれば、AIがBlenderに指示し、3Dモデルを構築してくれるというもので、その様子はデザイナーの指示でアシスタントが動いているかのようである。

当社でもエージェント対応は進行中である。現時点では簡易な指示のみ対応しているが、将来的には施工計画の生成、日々の実績管理までを統合的に行う高度なAIエージェントの実現を目指している。

「この完成面を実現する計画を作って」と指示すれば、CADツールから完成面を取得し、併せてドローンに指示を出し現況地形を取得する。次にデータを施工シミュレーションと連携して最適な施工計画を生成する。さらに「計画に従って施工し、5%以上の差異が出たら停止して連絡して」と指示すれば、無人建機に指示が送られ自動で稼働し、リアルタイムで現況と計画の差異を監視する。結果と計画が5%以上ずれる



図—8 AI エージェントと Blender の連携

と停止し、監督に通知がいく、このようなことは数年後に登場すると思われる。

このような進展は、労働力不足に悩む建設業界の生産性を大きく向上させられると思われるが、一方で、全てのデータや業務がAIエージェントに集約されてしまう懸念がある。「AI 2027」のシナリオでは、AIエージェントが現在のAIの数千倍の生産性をもち、その技術は国家による独占が進む懸念も描かれている。また、一部の企業がクローズドで高度なAIエージェントを構築すれば、市場が独占される可能性もある。AIの進化には可能性だけでなく、危険性もあり不透明な部分も多い。

5. おわりに

AI技術の進化は、プロダクト開発の在り方を根本から変えつつある。AIが高度化されつつある中で、開発の主戦場は単なるアルゴリズム設計から、データ取得・運用・改善のループ構築へとシフトしている。Software 2.0により複雑な課題解決が可能となり、建設業のような現実世界の産業にも革新をもたらしている。EARTHBRAINの事例に見られるように、AIの業務適用範囲が広がることで、生産性・安全性向上が期待でき、今後の建設DXにおいても中核技術となるだろう。一方で、エージェント化やAGIの出現は新

たな競争や倫理的課題も伴い、活用と統制のバランスが求められている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 井川甲作, 「建設DXを実現するソリューション開発手法・体制・技術」, 建設機械施工: (一社) 日本建設機械施工協会誌, 75巻, 7号, pp.15-22, 2023.
- 2) SITUATIONAL AWARENESS: The Decade Ahead, 2023. <https://situational-awareness.ai/>
- 3) AI 2027, 2025. <https://ai-2027.com/>
- 4) Karpathy A., Software 2.0, Medium, 2021.
- 5) Kaplan J., McCandlish S., Henighan T., Brown T.B., Chess B., Child R. et al., Scaling Laws for Neural Language Models, arXiv preprint, 2020. <http://arxiv.org/abs/2001.08361>
- 6) Valchanov I., How Much Did It Cost to Train GPT-4? Let's Break It Down, Team-GPT, 2024. <https://team-gpt.com/blog/how-much-did-it-cost-to-train-gpt-4/>
- 7) Peng S., Kalliamvakou E., Cihon P., Demirer M., The Impact of AI on Developer Productivity: Evidence from GitHub Copilot, 2023年2月.
- 8) Salesforce Will Hire No More Software Engineers in 2025, Says Marc Benioff, Salesforce Ben, 2024.
- 9) NVIDIA Developer Isaac Sim, 2024. <https://developer.nvidia.com/isaac/sim>
- 10) Wakabayashi A., Whoohyeon., Smart Construction: Change and Challenge ICT 施工ステージ Stage II 2への挑戦, 2023.

【筆者紹介】

井川 甲作 (いがわ こうさく)
 (株) EARTHBRAIN
 執行役員 CTO

