

# 建設 DX を実現するソリューション開発手法・体制・技術

井川 甲作

近年、労働者不足、環境適応等の課題に対応するため建設業においても DX（デジタルトランスフォーメーション）の推進が行われている。Smart Construction は建設業の生産性・安全性・環境適合性を向上するための ICT ソリューションであり、2015 年より開発・提供が行われている。同ソリューション開発においては、「顧客視点の DX」、「アジャイル・内製化開発」、「先進技術の積極活用」が注力されており、急激に進歩するデジタル技術の取り込みに対応している。本稿では、Smart Construction の取り組みをベースに DX ソリューション開発で注意すべき、視点・開発体制・新技術への対応について述べる。

キーワード：デジタルトランスフォーメーション、ソフトウェア開発、アジャイル、内製化開発、AI、大規模モデル

## 1. はじめに

“Society5.0” など製造業を中心に推進されてきたデジタルトランスフォーメーション（DX）は、近年建設業でも盛んに取り組まれている。労働者不足、環境適合などの課題を抱える業界の中で DX を用いて対応することが必須となってきた。国土交通省も 2016 年より「i-Construction」を開始、2022 年には施工現場だけでなく「インフラ分野の DX」と発展させ、更なる DX 推進を進めている。

建設業の DX を推進しているのは、特に IoT、AI、といった技術の進歩によるところが大きい。例えば、IoT センシング技術を活用し、重機や作業者の位置情報を把握し、作業の効率化・安全性の向上につなげることや、AI により、構造物の劣化を画像で分析するなど、建設現場におけるコスト削減、品質向上が実現されている。

Smart Construction（以下、本 ICT ソリューションという）は、建設業の DX をサポートする ICT ソリューションであり、2015 年より提供を開始している。ハードウェア・ソフトウェア両面のソリューションを提供し、それらを用いて Digital Twin を構築し、建設業の建設生産プロセスを大幅に改善することを目指している。

進歩の速いデジタル技術を積極的に取り込み価値提供を行うために、本 ICT ソリューションでは、「顧客視点の DX」、「内製化開発」、「積極的な先進技術の活

用」を行い、製品開発を行っている。

本稿では、本 ICT ソリューションの事例をベースに DX ソリューション開発において、重視すべきポイントを述べる。

## 2. 建設 DX ソリューションの開発

### (1) 顧客視点の DX

DX ソリューションの開発においては、DX の対象を明確にする必要がある。誰のこういったプロセスを DX するのかを明確にしなければ、単なる製品改善に陥り、通常の改善活動と変わらなくなることも多い。DX によるベネフィットを誰が享受するのかを定義し、顧客にとって効果的な機能、ソリューションを提供する必要がある。

本 ICT ソリューションではソリューション開発方針として、次の 2 点が考慮されている。一つは DX の対象を明確にすること。デジタルではなくデジタルトランスフォーメーションを目指すこと。

一つ目の DX の対象については、誰の何のプロセスを DX するのかを明確にすることである。

DX の例としてメーカーが自社のプロセスを DX するというケースがある。自社で新たな高機能、低コスト製品を開発するために社内プロセスの DX を進め、社内の製造プロセスや購買プロセスを見直し、コスト削減、性能強化を行う、これはメーカーが行う「自社の DX」となる。自社製品の更なる進歩のた

めにDXを進めるということ、メーカー視点としては重要な取り組みであるが、その製品によって、利用者である「顧客のDX」が実現されるかはわからない。

本ICTソリューションでは、お客様（建設業）の建設生産プロセスをDXの対象としている。本ICTソリューションの機能・コストを向上するためにDXするのではなく、お客様の価値がいかに最大化されるかを基準に製品開発を行っている。

本ICTソリューションは2015年よりソリューション提供を開始しているが、元はコマツが主導した顧客の生産性向上のための施策から始まっている。

コマツは2013年よりICT建機の提供を開始し、お客様の生産性向上を進めてきており、ICT建機を活用した掘削、盛り土、法面形成等の施工プロセスで大きな成果を上げている。しかしながら、ICT建機がサポートするプロセスはお客様の建設生産プロセスの

一部であり、根本的にお客様の生産性を向上させるためには、調査・測量、計画立案等、建設機械が登場しないプロセスも含めてDXする必要がある。建機というハードに加えて、建機以外の領域、ソフトウェア領域も含めてトータルソリューションを提供する必要性を認識し、始めたのが本ICTソリューションである（図-1）。

本ICTソリューションでは、特定の建機やソフトウェアにとらわれることなく、お客様の建設プロセス全体をDXすることが目的になっている。あくまで建設業のお客様のプロセス改革が目的であり、手段としての製品にはこだわらない。自社で開発できない範囲であれば、外部との協業を行い、全体最適をサポートするソリューション提供を行っている。

(2) デジタイズでなくDXを目指す

DX提唱者である、スタルターマン教授ら<sup>1)</sup>は、DX

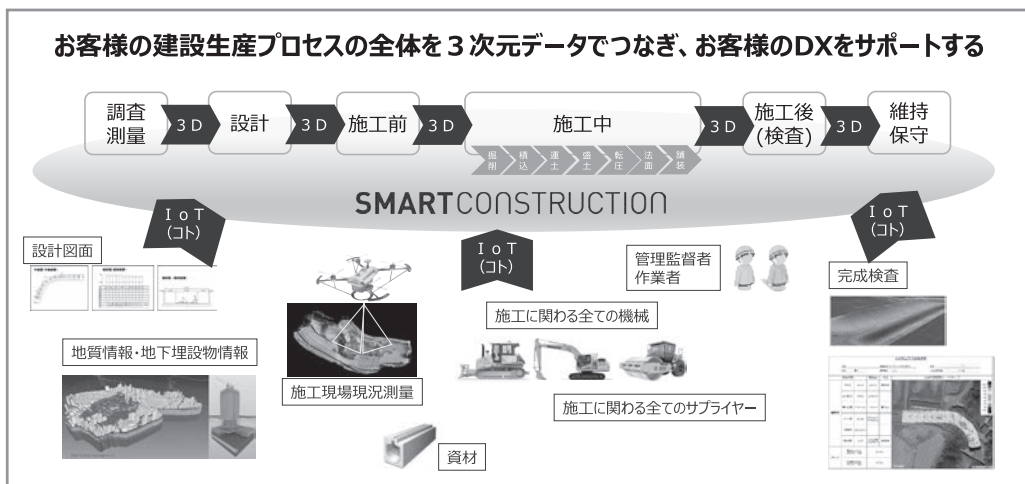


図-1 本ICTソリューションの価値提供範囲

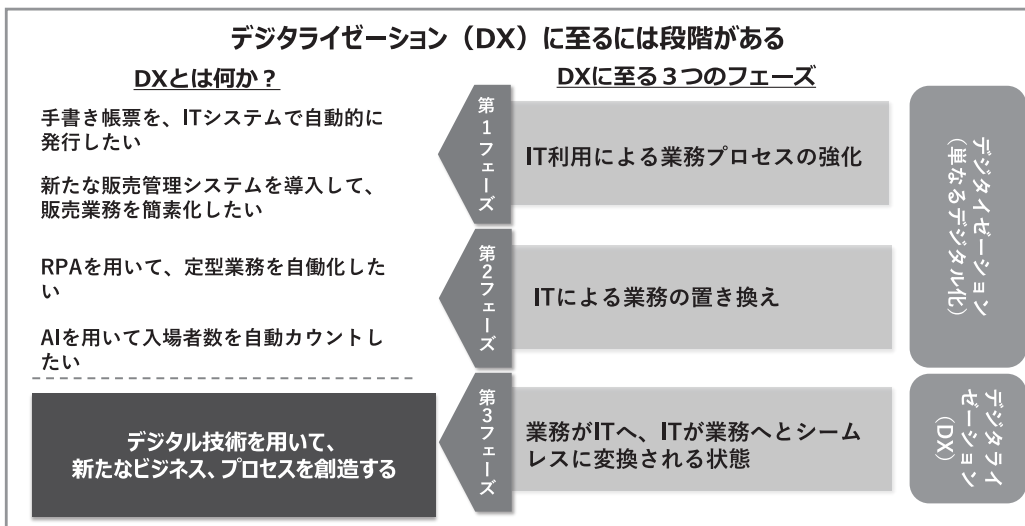


図-2 デジタイゼーション (DX) に至る3つのフェーズ

に至る段階を次の3つのフェーズに区分している（図一2）。

第1フェーズ：IT 利用による業務プロセスの強化

これまであった業務プロセスを情報システムに置き換え、効率・品質を高めることを目指す。単なるデジタル化であり、ビジネス・業務を根本的に変えるには至らない。このフェーズはすでに多くの企業が取り組んでいる

第2フェーズ：IT による業務の置き換え

第1フェーズの業務プロセスを踏襲しつつ、IT で自動化を行う。RPA 等を活用するのがこのフェーズ。第1フェーズよりも更なる効率化、品質向上を行うが、この段階でも根本的な変革には至らない

第3フェーズ：業務がIT へ、IT が業務へとシームレスに変換される状態

IoT、AI といった技術、DigitalTwin を活用し、新たなビジネス・業務を創造し、変革を行う。このフェーズに至って初めてDX と言える

単一プロセスをデジタル化するだけでは単なるデジタル化である、DX と呼べるほどの効果は見込めない。例えば、建設向けソリューションでも、測量段階を効率化するためにドローンやLiDAR 測量などのソリューションが多数存在している。ただし、この現況の把握をデジタル化し、3次元データを取得したとしても、計画図面は2次元であるケースも多く、そうすると次は計画図面を2次元から3次元モデルを作成する作業が発生するか、もしくは、2次元図面のまま従来施工を行うことになる。

これでは、単一プロセス（現況の把握）の小さな改善にしかつながらずDX と呼べるほどの効果は見込め

ない。計画段階から3次元モデルを導入し、現況測量も、施工も一貫して3D で繋いでいく、これによりプロセスを根本的に改善し、大きな効果をもたらす、これがDX に必要だと言える（図一3）。

つまり、DX 対象となる業界・企業を開発側が理解し、根本的なビジネス・プロセス変革を見据えて、それをサポートする製品設計、開発を進める必要がある。

実際は、細かな機能開発に追われることも多いが、常に大きなゴールセットを行い、根本的な生産性向上、環境適合性の向上を目指すことが重要である。

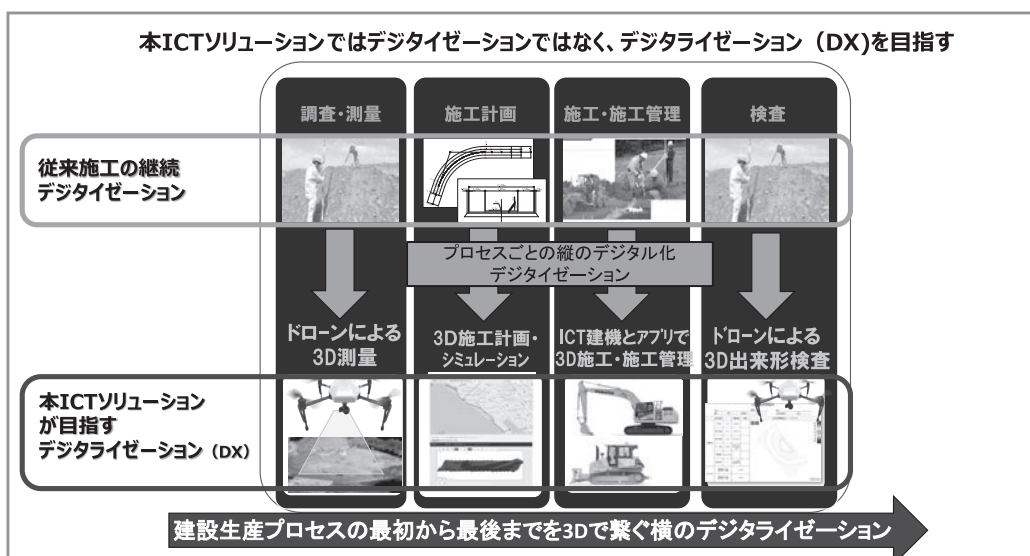
### 3. DX ソリューション開発を支える体制

#### (1) ウォーターフォールとアジャイル

DX の対象を明確に決め、ゴールセットを行ったとしても、実際にソリューションを開発するには開発を支える開発手法、技術について検討する必要がある。

DX ソリューション開発の難しさは、ビジネスを根本的に変革するために、これまでにないソリューションを創り出すことにある。つまり何が解答か明確にならない中で、ソリューションを開発する必要がある。こういった環境の変化に応じて、開発手法も変革していく必要がある。

ソフトウェア開発では、1990年から2000年代はウォーターフォールが主流であった。これは、利用者のニーズ・要求が事前に定義可能であるという前提に基づき、開発前にしっかり要件を確定させ、厳密なスケジュール・コスト管理のもとにソフトウェア開発プロジェクトを進行する開発形態であった。この手法はスケジュール・コスト・品質のコントロールが容易で



図一3 デジタルイゼーションとデジタルイゼーション

あり、また製品開発の範囲も明確になるため、SIベンダーなどの外部リソースが活用しやすいというメリットがあった。

以前は、ソフトウェア開発といえば業務系（経理、販売管理、生産管理等）ソフトウェアが主流であり、比較的要件も決めやすくウォーターフォールが適していた。また、これらの業務系ソフトウェアは5年に一回程度の更新であるため、社内にソフトウェアエンジニアを抱えこむと固定費化してしまう。そのため外部ベンダーを活用し開発人員を外部化する企業が多かった。

しかしながら、2000年代後半からWEB系のシステム開発が主流となり、それらがビジネスの中核となるにつれ、ウォーターフォール開発では対応できないケースが増加してきた。

顧客ニーズ・外部環境の変化の速さ等により、要件を事前に定義するのが難しくなりウォーターフォールでは対応困難な開発が多くなった。

そう言った中、アジャイルな開発手法（スクラム、XP等）が登場し、2000年代後半より主流となった。

アジャイル開発は、ユーザーのニーズは事前に定義できないという前提のもと、ソフトウェア開発の柔軟性と効率性を向上させるためのイテレーションベースのアプローチをとっている。製品をある程度の品質でリリースし、早期にユーザーフィードバックを得てさらに製品を改善していく、このプロセスを継続的に回していく開発手法である（図-4）。

近年のソフトウェアは、ビジネスの中核的な要素であり、いかにユーザーニーズにマッチして市場で競争力を持つ製品にしていくかが重要になってきている。一方で、ユーザーが求めるソフトウェアはこれま

で見たことも聞いたこともない製品が多く、ユーザーに事前に「どんな機能が必要ですか」と聞いても明確に要件定義できないことも多い。高速なリリース、頻繁なフィードバック獲得、継続的な製品進化をいかに高速・高頻度で回していくかがビジネスの重要な成功要素になっている。EC小売業のAmazonは、2011年時点で11.6秒に一回、新機能を更新していると言っている。現在は更に高速になっており、WEBの世界では高速・高頻度でのリリースが当然となっている。

### (2) 内製開発か外製開発か

前述したが、1990年代後半から2000年代前半までは、ITが業務効率化のツールでしかなく、IT開発も断続的に発生しなかった。そのため多くの製造業は内製のエンジニア部隊を切り離し、外部化し人材の流動化を行った。ウォーターフォールモデルでは、断続的な開発かつ明確にスケジュールコストが定義できるため外製化に経済合理性があった。

しかしながら、ソフトウェアエンジニアを外製化することは、企業内部でナレッジがたまらない、流動的・柔軟に開発が行えない等の問題を抱えることになる。2000年代後半からITがビジネスの中核技術となり、常に開発行為が発生するようになると、外製化だとかえって効率が悪いことが多くなってきている。

近年では開発範囲が明確にならないケースも多く、そういった場合、柔軟に継続的に開発を行うためアジャイル（スクラム等）の開発手法をとるが、外製化との相性は良くない。アジャイル開発で外部ベンダーを活用する際は時間稼働ベースの契約を行うことが多いが、仕事ができないケースほどコストがあがるなど

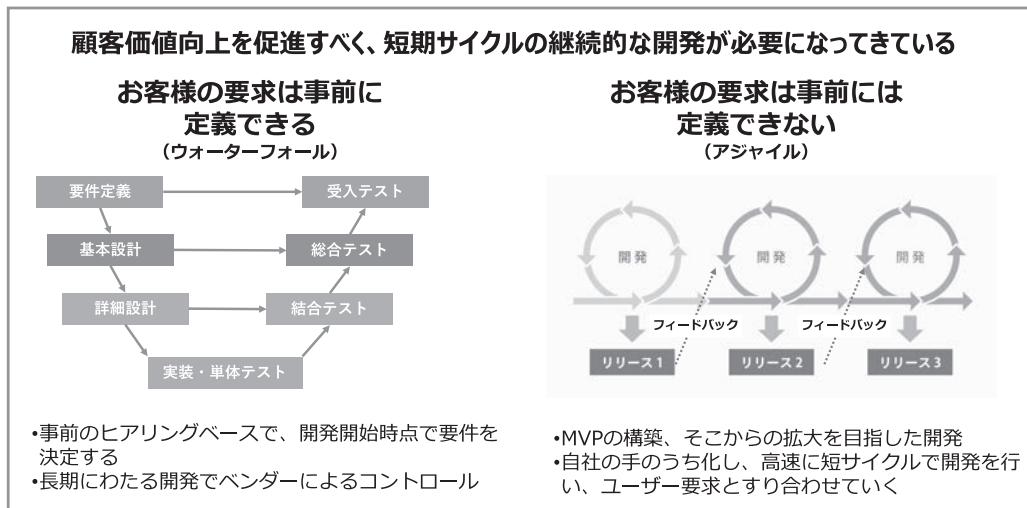


図-4 ウォーターフォールとアジャイル



の問題が発生する。また、開発スコープを決めるために事前調査、契約交渉に時間がかかるなどの問題もある。そのため、近年では内製化を進める企業も多くなってきた。特にソーシャル系、ゲーム系の新興IT企業は内製開発を武器に急成長を遂げている。

本ICTソリューションの開発でも内製化チームを組成して、開発の柔軟性・スピード向上を努めている。競争優位となるコア技術かどうか等を基準に選択的に内製化を進めている。

特に、プラットフォーム及び3D技術を中心に内製化を進めており、2023年5月現在、50名程度の内製化エンジニアで開発を行っている。3Dについては、米国CESIUM社との共同開発も行っており、積極的にナレッジを蓄積することを進めている。

一方で、内製化については課題も多い。まずエンジニアの採用は競争が激しく人材獲得は容易ではない。一時期よりもエンジニアの採用は緩和されたものの、引き続き倍率は高く、いかに採用マーケティングを効果的に行うかが重要になっている。

その他にも、社内でのエンジニアリングカルチャー組成、継続的な新技術の取り込み、エンジニアの管理・育成など、外製化ではなかった課題が数多く存在する。そのため、本ICTソリューションでは内製開発と外製開発のバランスをとって開発を進めている。

内製化は、DXソリューション開発においては避けられない課題となっている一方で、実現には障害も多く、どこまで内製化し、どこまで外部リソースを活用するかがDXソリューション開発戦略の大きなポイントとなってくるだろう。

#### 4. 新たな技術の適用

DXソリューション開発においては、新技術の取り組みも重要になってくる。2000年代後半からWEB系の技術は大きく進歩しており、ソフトウェアフレームワークの活用、CI/CDの高度化、テスト自動化等々、新技術を積極的に投入してきた企業が、大幅に生産性を向上し、競争優位を実現している。

近年ではAIも大きな進歩を遂げてきている。特に、ここ数年で登場したGPT等の大規模モデルは、ソリューション開発を大幅に変革する可能性を秘めている。

ここでは、この大規模モデルについて紹介し、建設ソリューションでの活用可能性について述べる。

##### (1) 大規模モデルの登場

近年AIは目覚ましい進化を遂げているが、その中でも2020年ごろから登場した大規模モデルは、これまでのAI活用の範囲を大きく超え、ソリューション開発を大きく変革していく可能性がある。大規模モデルは、膨大な量のデータを用いて訓練され、高度な知識表現・推論・自然言語処理の能力を持つAIモデルである。数千万という圧倒的なパラメータ数を持つなど、これまでにない規模でモデルが構築・学習されており、以前ではAIでは考えられなかった高度な処理が可能となっている。

最近登場したものとしては次のようなサービスが存在する。

##### ① GPT-4 (Generative Pre-trained Transformer 4)<sup>2)</sup>

OpenAIによって開発された大規模な自然言語処理モデルで、事前学習済みのTransformerアーキテクチャを採用している。さまざまなタスクに適用可能で、文章生成、質問応答、要約、機械翻訳などに優れた性能を発揮する。

##### ② DALL-E2<sup>3)</sup>

OpenAIによって開発された画像生成モデルで、GPT-3と同様のTransformerアーキテクチャを採用しており、1,200万のパラメータを持つ。

##### ③ SAM (Segment Anything Model)<sup>4)</sup>

Metaによって開発されたセグメンテーションの汎用モデルで、1,100万枚の画像と10億を超えるセグメンテーションマスクが含まれている。ファインチューニングなしでさまざまなものがセグメンテーション可能である。

大規模モデルというとChatGPTのような言語モデルが目されるが、画像系の大規模モデルも存在し、画像生成やセグメンテーションなどで目覚ましい進歩を遂げている。

一方で、こういった大規模モデルの構築ができるのは現状、世界有数の規模の会社のみとなっている。例えば、GPT-4では一回の学習コストが数千万円とも言われており、相当の資本力がなければモデルの学習もままならない。そのため、多くの企業はこういったサービスを利用する側に回らなければならないが、そこには情報の漏洩や、情報の悪用などのリスクが存在している。この点は今後、大規模モデルの活用にあたり注意が必要である。

##### (2) 大規模モデルの建設業への適用

大規模モデルは、実際の業務に適応し大きく生産性を上げることが期待されており、建設業での活用も検

討されている。

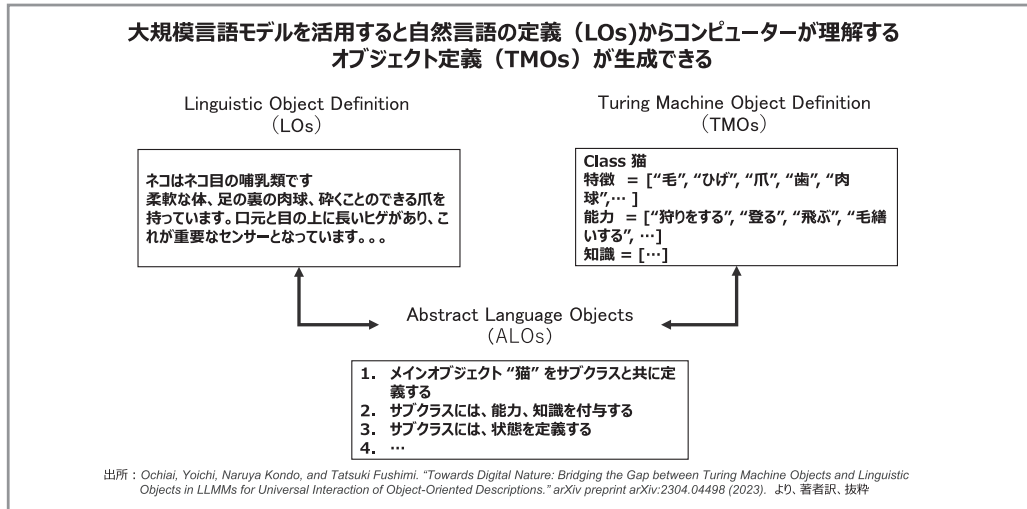
例えば、大規模言語モデルを利用して、技術文書の自動生成やプロジェクト管理に関する情報の抽出、リスク判定などが考えられる。また、大規模画像モデルを用いれば、初期コンセプトのビジュアル化や設計案の迅速な生成や、画像認識の高速化などが考えられる。実際に、建築現場ではあるが ChatGPT を用いてプロジェクト工程を評価した事例<sup>5)</sup>が存在している。現在も大規模モデルを活用した取り組みは増加している。

ここでは、二つの簡単な実証実験の結果を紹介したい。

①工事災害データからの要素抽出と推定

GPT-4 のような言語モデルを活用すると自然言語から通常のコンピューターが解釈するオブジェクトモデルを生成することができる<sup>6)</sup>。

Linguistic Object Definition (LOs) と呼ばれる自然言語に対して、Turing Machine Object Definition (TMOs) と呼ばれるコンピューターで利用されるオブジェクト指向のデータ定義を、大規模言語モデルに対



図一五 自然言語からのオブジェクト生成

表一 労働災害事例データベース

年号	年	月	発生時間	災害状況	業種 (大分類)	業種 (中分類)	業種 (小分類)	事業場	起因物 (大分類)	起因物 (中分類)	起因物 (小分類)
					分類名	分類名	分類名		分類名	分類名	分類名
平成	29	1	22 ~ 23	工場内で床に置いていたコードに、荷物を抱えていた状態のときに足が引っ掛かり、よろめいて数歩前に進んだのち、前方にあった作業台に衝突して受傷した。	製造業	化学工業	プラスチック製品製造業	-	その他の装置等	用具	その他の用具
平成	29	1	19 ~ 20	倉庫の出入口の階段を荷物（冷凍商品 15 kg ぐらい）を持って下りる際に、階段が凍っていて滑って転倒し、階段を転げ落ち（4 段位）、持っていた荷物を足に落とすまい、右足の腓骨を骨折した。	商業	その他の商業	倉庫業	100 ~ 299	環境等	環境等	その他の環境等
平成	29	1	18 ~ 19	会社構内にて車輛の洗車中、足を滑らせ転倒した際に左手をつき、翌朝に左肩の痛みが大きくなり、左肩腱板剥離と診断された。	運輸交通業	道路貨物運送業	一般貨物自動車運送業	100 ~ 299	環境等	環境等	その他の環境等
平成	29	1	16 ~ 17	既設 2 階でバックカン受け入れ作業中、バックカンを落とす穴から落下した。	畜産・水産業	畜産業	畜産業	10 ~ 29	仮設物、建築物、構築物等	仮設物、建築物、構築物等	開口部
平成	29	1	16 ~ 17	勤務先の食堂施設内で、ダンボールを束ねてビニールの荷造り紐で縛り結んだ時、手が滑り勢いよく壁に左手小指をぶつけ腕が切れて全治 1 ~ 2 ヶ月となった。	商業	小売業	その他の小売業	50 ~ 99	仮設物、建築物、構築物等	仮設物、建築物、構築物等	その他の仮設物、建築物、構築物等
平成	29	1	15 ~ 16	道路の 3 車線の真ん中を走行中、左車線に侵入してしまい、走行中の大型ワンボックスカーと衝突し、首と左肩を痛め、回転性のめまいで入院し、痺れもある。	金融・広告業	金融業	銀行・信託業	30 ~ 49	物上げ装置、運搬機械	乗物	乗用車、バス、バイク
平成	29	1	15 ~ 16	製品を箱詰めし台車に乗せる作業中、所定の位置に台車を設置し、自分も所定の位置につこうとして台車を跨いだところ、台車につまずき転倒し、左足を捻り被災した。	製造業	食料品製造業	農業保存食料品製造業	50 ~ 99	その他の装置等	人力機械工具等	人力運搬機
平成	29	1	14 ~ 15	会社敷地内で、被災者はミキサー車を整備中に、車体の上ろうとしたところ体のバランスを崩して転倒し被災した。	運輸交通業	道路貨物運送業	一般貨物自動車運送業	1 ~ 9	物上げ装置、運搬機械	動力運搬機	トラック

出所：厚生労働省 職場のあんぜんサイト [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen\\_pgm/SHISYO\\_FND.html](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pgm/SHISYO_FND.html) より抜粋

して、Abstract Language Objects (ALOs) と呼ばれる抽象言語を定義することで生成することができる。

例えば、図-5のように猫の自然言語の定義から、猫のオブジェクトを作ることができる。

次の例は、上記の技術を活用して厚生労働省の労働災害データを学習し、推定する事例である。

労働災害については死亡・休業4日以上事故について労働災害データ(表-1)が公開されている。

これをChatGPT(GPT-4)をベースにオブジェクトモデルに変更する。工事災害データと、オブジェクトに変換されたデータが図-6の上部となる。

まず、工事災害データの自然言語からオブジェクトを生成させる。それが図-6の上部となる。特筆すべきは、事故原因というサブクラスに対して適切な事故原因が記載されている点にある。厳密に言えば、GPTは工事災害データから因果関係を理解して、事故原因を抽出したわけではなく、統計的な発生確率から文書を生成したに過ぎない。とは言え、十分解釈できているようには見受けられる。

このように災害データを20事例ほど学習データとしてChatGPTに学習させる。その後、災害データから事故種別を除いたデータを渡し推定させたのが、図-6の下部となる。この結果は正解である。ChatGPTの解答からはなぜその事故種別を選択したのかが、その理由を含めてそれらしく(因果関係を理解しているのではなくあくまで統計的な確率に基づく)記載されている。

これまではこのような推定を行うためには、元の自然言語を、字句解析、構文解析等を行いベクトル化し、それをもとにAIモデルを作成、学習させる必要があっ

た。GPTのような大規模モデルは、これからの処理を大幅に短縮させ、しかも大規模な言語モデルが持つ推定機能も活用できることで、推定精度も大幅に向上させる可能性がある。

また、この方法であれば、自然言語からオブジェクト要素を取得できるので、取得した要素の解析を他のアプリで行うなども容易になる。これまで時間のかかったデータ整形や運動なども容易になる可能性がある。

②画像データのセグメンテーション

AIにおける画像セグメンテーションは以前からある技術である。自動車の自動運転で、道路、人、自転車という物体を認識しその範囲を特定するなど利用されている。以前であれば、セグメンテーションしようとする、多数の画像を学習させて精度を上げる必要があった。しかしながら、大規模モデルを活用することで、容易に高速でセグメンテーションが可能になっている。

図-7の事例は、現場に埋設した管の点群から管部分を抽出する事例である。SAMを用いてセグメンテーションを行っている。3D点群を2D画像としてキャプチャしSAMに投入したものである。一切の追加学習は行っていないが、ほぼ完璧にセグメンテーションが行えている。SAMだけではこの抽出した図形が何であるかは判定できないが、このセグメンテーション後の画像を別の大規模モデルに入力すれば、「管」であることは容易に推定できる。

SAMは現状商用活用ができないが、早晚同様のモデルは多数出現し商用活用も可能になるであろう。以前であれば、多数の学習データを取得し、AIモデル

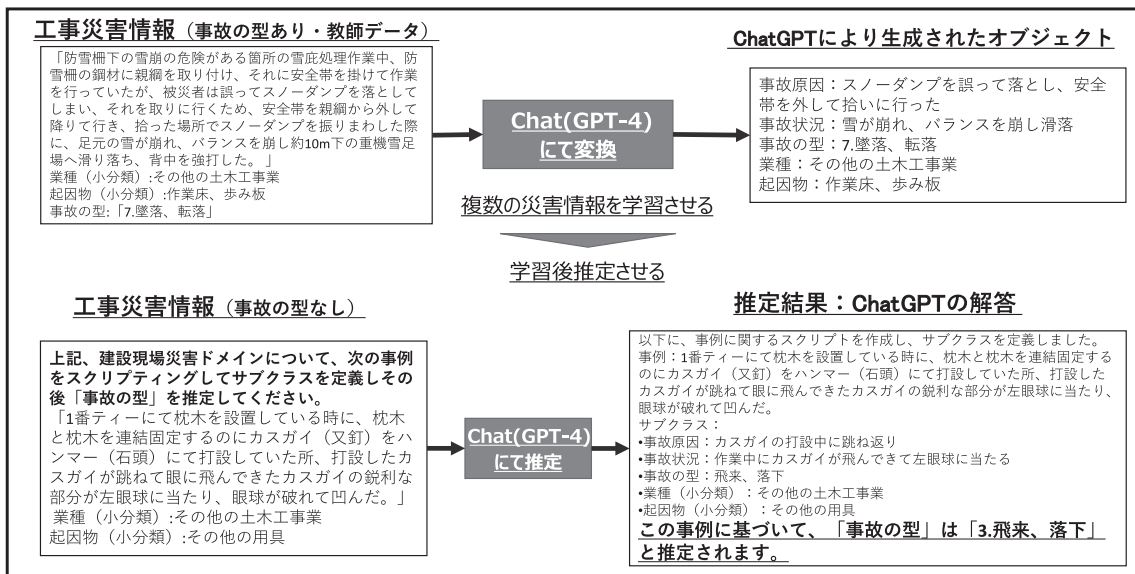


図-6 ChatGPTを用いた労働災害データの学習と推定





図ー7 SAM を用いた管のセグメンテーション

を高額なコストで作りに上げていたが、いくつかの領域ではこのような汎用サービスの活用で高速で低コストな AI 活用が行えるようになるであろう。

今回の二つのケースは、まだまだ実用には遠いが、このように AI 活用が容易に取り組めるようになって来ていることは特筆すべき点である。アイデア次第では短時間で実用的なサービスが作り出せる可能性もある。

## 5. おわりに

本稿では、DX ソリューションを開発するに際して、ポイントとなる、「顧客視点の DX」、「内製化開発」、「先進技術の積極活用」について Smart Construction の事例をもとに述べた。

DX ソリューションを開発する際には、ゴールセットを行う必要があり、それはあくまで顧客視点で行う必要がある。小規模な改善も重要ではあるが、DX はあくまでビジネス・プロセスをデジタル技術で根本的に改善することであり、その点を留意してゴールを決める必要がある。

また、DX ソリューションについては顧客もこれまで見たことのないソリューションであるため、サービスを提供して、迅速にフィードバックを経て、高速に改善・リリースを行う必要がある。またこのフィードバックサイクルを高速・高頻度で行う必要がある。そのためには、アジャイル的な開発手法の採用が必要であり、それには開発を内製化するほうが親和性が高い。

最後に、近年の技術進歩は急激であり、これまでの

ソリューション開発が全く新たな方法に置き換わる可能性もある。特に AI 分野での大規模モデルの登場は、これまでの最適化や推定の領域のみならず、ソフトウェア開発も大きく変革する必要がある。こういった技術を常に把握しながら、適切に取り込んでいくことが、DX ソリューションの開発に重要となってきている。

J|C|M|A

### 《参考文献》

- 1) Stolterman, Erik, and Anna Croon Fors. "Information technology and the good life." Information systems research : relevant theory and informed practice (2004) : 687-692.
- 2) OpenAI, "GPT-4 Technical Report" (2023). arXiv : 2303.08774, <https://openai.com/product/dall-e-2>
- 3) OpenAI, "Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents" (2022), <https://cdn.openai.com/papers/dall-e-2.pdf>
- 4) MetaAI, "Segment Anything" ,<https://ai.facebook.com/research/publications/segment-anything/> (2023) , <https://segment-anything.com/>
- 5) Prieto, Samuel A., Eyob T. Mengiste, and Borja Garcia de Soto. "Investigating the use of ChatGPT for the scheduling of construction projects." Buildings 13.4 (2023) : 857.
- 6) Ochiai, Yoichi, Naruya Kondo, and Tatsuki Fushimi. "Towards Digital Nature : Bridging the Gap between Turing Machine Objects and Linguistic Objects in LLMs for Universal Interaction of Object-Oriented Descriptions." arXiv preprint arXiv : 2304.04498 (2023).

### 【筆者紹介】

井川 甲作 (いがわ こうさく)  
 ㈱ EARTHBRAIN  
 CTO 兼 CIO 執行役員 CTO  
 兼 Landlog カンパニー プレジデント

