

AIの事業実装の強化に向けて

技術戦略室 AI推進センター 所長 大山 巧

1. はじめに

AIは、深層学習などの技術的発展と社会実装の広がりを背景に、第3次ブームを迎えたとされている。建設業界も例外ではなく、2019年の年頭に業界紙などに掲載された建設会社の経営トップの年頭挨拶には、ほぼ例外なく「AI」というワードがちりばめられている。また、ある業界新聞を調べたところ、2018年の1年間で「AI」が使われた記事は160件以上もあった。しかし、AIを実際に活用して事業上の効果まで結び付けたという報告例は、建設業界では必ずしも多くはなく、理想と現実とのギャップや技術実装の難しさが浮き彫りになっている。

2019年1月、技術戦略室にAI推進センターが組成された。ミッションは、一言でいえば当社事業へのAI活用を全社的に推進することである。当センターは、コンピュータサイエンスの専門家を含む数名の専任者と、ユーザーになる様々な部門および支援部門の兼任者から構成されている。ちなみにセンター所長に任命された筆者は、技術的には全くの門外漢であり、やや違和感を持ちながらのスタートであった。

本稿ではまず、当社でのAI活用の事例として、単純に要素技術としてAIを導入した例ではなく、当社が課題設定～開発～実装～運用までの一連のプロセスで中心的な役割を担ってきた代表例を紹介する。それに引き続き、当センター発足後に手探り状態で始めた諸々の活動を通して、AIの事業実装の難しさと成功させるためのポイントについて考察してみたい。

2. 当社におけるAI活用の現状

(1) 画像認識AIの実装事例

AIの中でも特に画像認識の技術については、AI推進センター発足以前から取り組まれてきた課題がいくつかある。ここではまず、実装や運用の段階まで進めることができた代表的な事例を紹介する。

最初の例は、ハッ場ダム建設工事で実用化された「粗骨材の粒度分布の検出システム」²⁾である(図-1)。ハッ場ダムでは、コンクリートに必要な粗骨材の原石を近くの山から切り出して使用したが、その際には粒度別に分級する作業が必要であった。この分級作業は、従来は手作業により行われていたため、多くの人工と時間を要していた。本システムは、ベルトコンベア上に設置した3次元スキャナにより、運搬中の粗骨材表面の点群データを取得し、平均化した(凹凸を均した)表面の法線と局所的な領域での法線のなす角度の発生頻度を特徴量として、回帰モデルにより粒度分布を推定するものである。短期間で取得できる数少ない学習データ量でも十分な推定精度が得られることを検証しながら、このような特徴量の抽出と回帰モデルの選択を行っている。

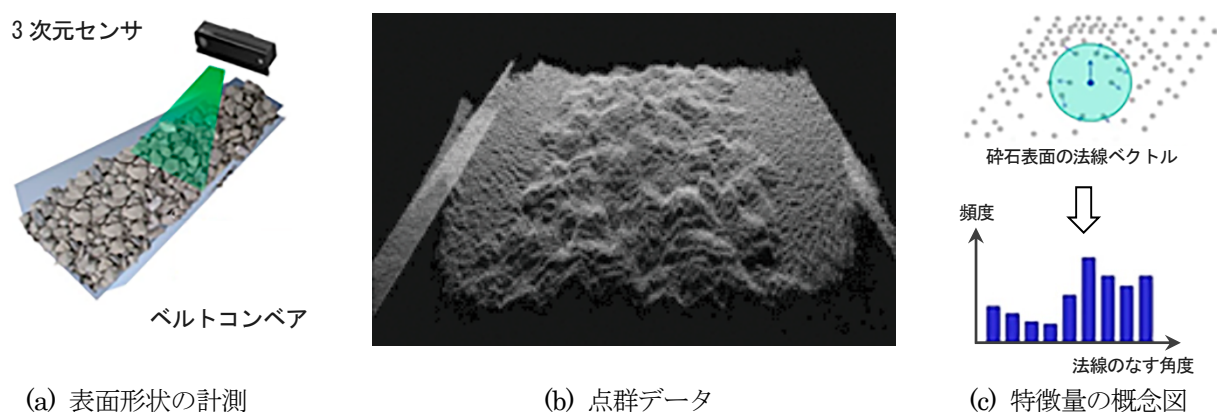
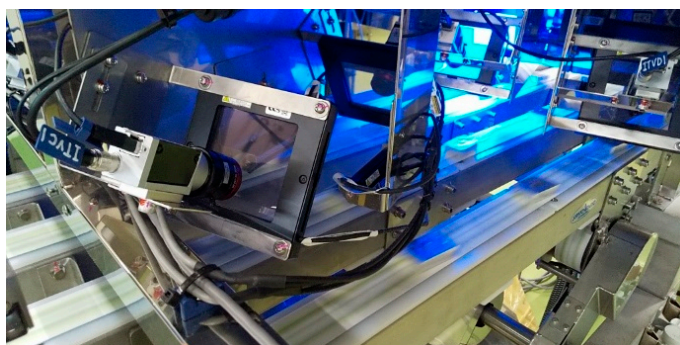
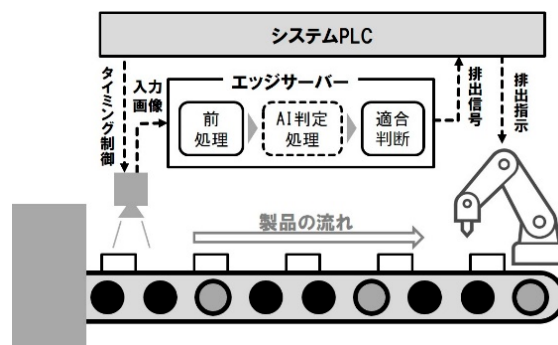


図-1 ダム工事で実用化された粗骨材粒度分布検出システム

次の例は、六甲バター株式会社のベビーチーズの最終製品工程で採用された「充填包装の不適合品の自動排出システム」³⁾ (図-2) である。従来は、熟練された検品作業者が、高速で流れてくる製品を目視で検査し続けるという重労働を強いられてきた。そこで、高速の画像解析処理が可能な深層学習に基づく AI アルゴリズムとカメラシステムを開発し、製品ラインごとに不適合品を含む画像データの事前学習を行うことにより、不適合品を自動排出できる検査装置の開発を進めてきた。粗骨材の粒度分布検出とはモデルは異なるものの、対象物の画像からその特徴や品質を判別する課題については AI 活用のノウハウが得られつつあり、類似の課題への応用可能性も高いと考えられる。



(a) 画像データを取得するカメラシステム



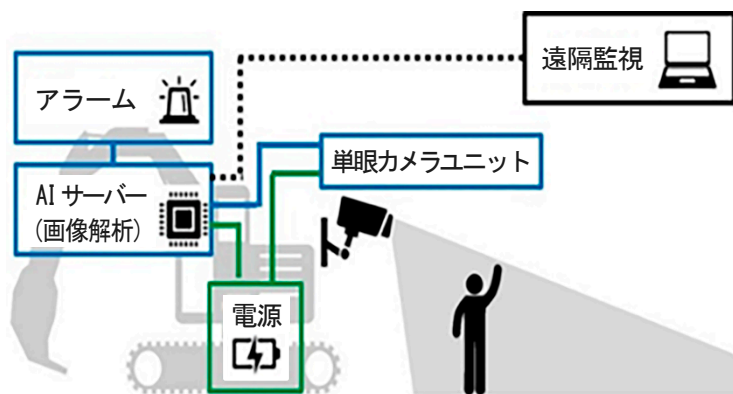
(b) システムの概念図

図-2 ベビーチーズの最終製品検査で採用された不適合品の自動排出システム

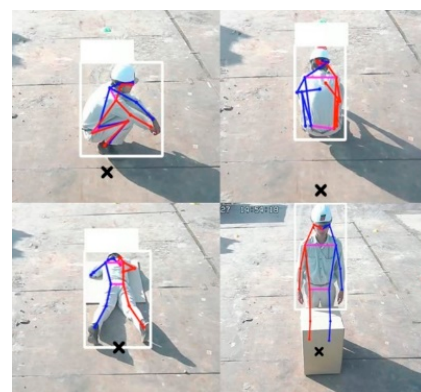
(2) AI 活用領域の拡大

上記は新しい技術開発の中で AI を導入した事例であるが、現在は社内の様々な業務における生産性の向上や建設現場での安全性向上についても AI 活用の取組みが始まっている。

図-3 には、現在、開発を進めている「重機と作業員の接触事故回避を目的とした AI カメラシステム」^{4),5)}の概要を示す。このシステムは、重機のオペレーターから死角になる領域をカメラで撮影し、作業員の存在および重機からの距離を瞬時に分析して、重機と接触する距離に作業員がいる場合にはアラームなどによる注意喚起を行うものである。分析スピードの確保、事前のキャリブレーションの簡素化、システムコスト低減を念頭に置いて単眼カメラユニットを採用しているが、ステレオカメラと同等な距離推定精度が得られることが確認されている。また、AI アルゴリズムには骨格推定モデルも組み込まれているため、様々な姿勢や人の向き(重機を見ているかどうか)も同時に判定できる。このシステムは、現在、重機の近くでの作業機会が多い山岳トンネル現場での実装を目指し、トンネル現場での厳しい環境(低照度、粉塵、通信環境など)に対応すべく、さらなる改良を行っている。



(a) システムの構成

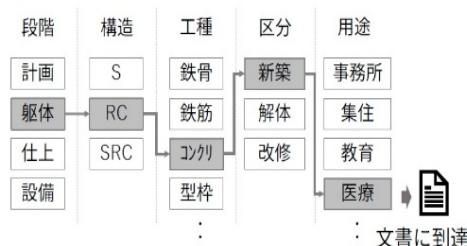


(b) 様々な姿勢の実証試験の様子

図-3 重機と作業員の接触回避のための AI カメラシステム

現在 AI は画像認識だけでなく、他の技術についても応用が進んでいる。ここでは、自然言語処理の活用例として、「社内技術文書の検索システム」⁶⁾を紹介する。現在、社内にはマニュアル類、Tips集、好事例集、不具合事例集など様々な技術文書が蓄積されている。建設業界の用語には専門用語が数多くあり、また「鉄筋コンクリート」と「RC」のように同じ意味でも異なる表記をする場合も多いことから、一般的な検索システムを使っても求める技術文書にたどり着くことは困難になっている。そこで、まず、対象となる文書をキーワード抽出などにより構造化・階層化してドリルダウン型の検索アルゴリズムを構築するとともに(図-4)、専門性の高い建設用語の辞書を学習させることにより検索精度を向上させている。本技術は、現在、チャットボットシステムとして試行段階にあるが、ユーザーによる検索結果の判定を機械学習にフィードバックさせることで、使えば使うほど精度が向上する仕組みを採用している。

技術資料名	段階	構造	工程	解体	用途	特 有
躯体-02 山型デッキプレート**	躯体	S/RC/SRC				山型デッキプレート ひび割れ
躯体-03 倉庫などの**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート		倉庫	コンクリート土間 機械基礎
躯体-04 場所打ち杭の**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			場所打ちコン 地中連続壁
躯体-05 コンクリートの**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			レディーミクスト 受入検査
躯体-06 型枠の**	躯体	S/RC/SRC	型枠			せき板 支保工
躯体-07 腰抜けスラブの**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			底抜けスラブ 有効スパン
躯体-08 レディーミクスト**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			レディーミクスト 調合
躯体-09 レディーミクスト**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			レディーミクスト コア供試体
躯体-10 コンクリート外壁の**	躯体	S/RC/SRC	コンクリート			コンクリート外壁 誘発目地



(a) 技術資料の構造化

(b) ドリルダウン型検索の例

図-4 自然言語処理を活用した技術文書の検索システム

3. AI の実装強化に向けたアプローチ

(1) AI 活用プロジェクトのフレームワーク

一般に、AI の実装を成功させるためには、様々なボトルネックを乗り越えなければならない。AI プロジェクトを進める上では、まず課題の設定から実装・運用までの一連のプロセスの中で、解決しなければならないボトルネックやプロジェクトの目標値などの決め事を洗い出して整理し、それらを当事者間で共有しながら青写真を描くことが必要になる。また、多くの課題では、試しに使ってみなければ本当に効果が得られるかわからないという場合も多く、PoC (概念の実証) を通して「やりたいこと」と「できること」を見直しながらプロジェクトを進めることになる。

プロジェクトの青写真を描くためのフレームワークには様々なものがあるが、ここでは Ridgelinez 株式会社のデータ利活用フレームワーク⁷⁾を参考に、図-5に示すような「事業課題」、「データ」、「分析モデル」という3層の枠組みと、①事業課題の設定、②入力データ整備、③AI モデルによる分析、④分析結果、⑤事業への実装という5つのステップで全体像を俯瞰してみる。①から⑤までのステップに対して、検討すべき項目の例を図中に示しているが、これらは独立したものではなく相互に関連する場合もあり、実際には各ステップの流れもフィードバックを含む双方向あるいはサイクリックな流れになる。例えば、ある事業課題に対して必要な学習データが揃っていない場合、データセットを新たに構築すべきか、課題自体を別の視点で設定し直すべきか検討が必要になる。

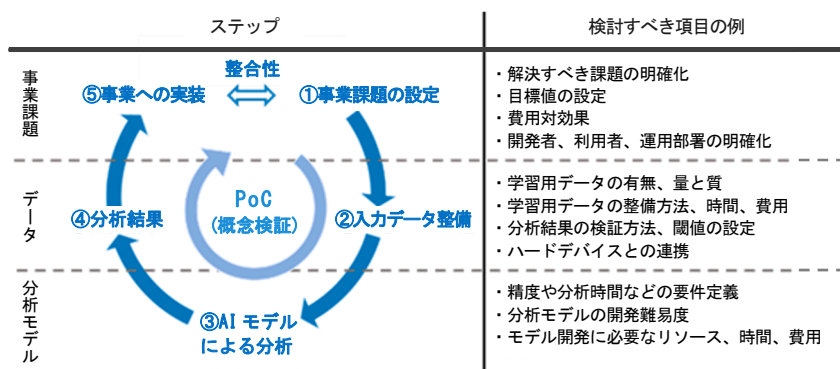


図-5 AI 活用プロジェクトのフレームワークの例 (Ridgelinez のフレームワーク⁷⁾をアレンジ)

ここで表-1に、前述の「粗骨材の粒度分布を検出するシステム」と「充填包装の不適合品の特定と自動排出システム」のプロジェクトについて、主なボトルネック・留意点とその対応を示す。いずれのケースでも各ステップにおいて多様なボトルネックが存在しており、これらに丁寧に対処できたことが実装につながったと考えられる。特に特徴的なのは、②～③～④のステップを繰り返しながら改良の積み重ねを行ってきた点である。計画当初は想定できなかったボトルネックが実装段階で顕在化するという事態は、多くのプロジェクトで遭遇する。これらを可視化し、ステークホルダー間で共有しながら対処していくことが、実装を成功させる上で重要であると考えられる。

表-1 AIを実装したプロジェクトにおけるボトルネックの例

(a) 粗骨材の粒度分布の検出システム

ステップ	概要	主なボトルネック・留意点	対処
① 事業課題の設定	・粗骨材の粒度分布を自動で検出することで、「ふるい分け試験」をなくす	・実現性の事前検討が必要	→現場実証の前に室内試験室で基礎検討を行い実現性を判断
② 入力データの整備	・ベルトコンベア上の粗骨材の表面形状凹凸データとその分析から得られる特徴量を利用	・短期間で収集できる画像データは限定されるため合理的な特徴量設計が必要	→アルゴリズムとの組合せを含めて試行錯誤による検討を実施し、特徴量を決定
		・本工事との平行作業を前提にした学習データ収集プロセスの確立	→実験用フィールドの確保、学習用骨材の調合作業の実施
③ AIモデルによる分析	・SV回帰モデルによる機械学習を採用	・少ない学習データでも粒度分布の十分な精度が得られるアルゴリズムが必要	→特徴量設計を工夫することで深層学習はあえて使わない。複数の回帰手法を比較検証し、最も性能の良い手法を選択
④ 分析結果	・粗骨材の粒度分布を推定	・推定精度の検証方法の明確化と学習プロセスへのフィードバック	→ふるい分け試験結果との平均誤差、標準偏差の閾値を満足するように学習用骨材を調整
⑤ 事業への実装	・ふるい分け試験にかかる人的コスト(780人工)を削減	・本システムの開発・運用コストがふるい分け試験のコストを上回らないこと	→ふるい分け試験に必要な人件費に比べて低費用で開発、運用ができることを確認
		・今後のダム工事への応用が可能であること	→学習データの収集、AIアルゴリズムなどの知見、ノウハウは今後のダム工事に応用可能

(b) 充填包装の不適合品の自動排出システム

ステップ	概要	主なボトルネック・留意点	対処
① 事業課題の設定	・目視で行っているベビーチーズのアルミ包装の検査作業を自動化する	・熟練作業者の属人的判断に基づく不適合基準の明確化	→お客様と共同で「不適合品定義書」を作成し、客観的な基準を設定
② 入力データの整備	・ベルトコンベアで搬送される包装後のベビーチーズの画像	・搬送速度に追従できる高速処理のための画像データ取得	→計算負荷を低減するために自動トリミング機能を導入、画素数も調整
		・アルミ包装材による照明反射の影響の回避	→照明とカメラシステムの改良
		・製造ラインごとの癖への対応	→製品ラインごとに学習データを整備
③ AIモデルによる分析	・深層学習による画像解析	・搬送速度に追従できる高速処理のための解析システム	→エッジコンピュータ(AI-BOX)の採用
④ 分析結果	・不適合品を検出し、排出機構にシグナルを送る	・不適合品の見落としがないことを確認	→適合品、不適合品と判断された製品の目視確認
⑤ 事業への実装	・過酷な目視検査作業をなくす ・作業者の熟練度によらない安定な検査精度を維持する	・歩留まりを悪化させないこと(適合品を不適合品と判断する割合を極力減らす)	→必要に応じて再学習とモデルチューニングを実施

(2) 課題の設定とデータの扱いにおける留意点

ここでは、フレームワークの中でも特に課題の設定とデータの扱いに関して、筆者が重要と考える点について記述したい。

課題を設定するための基本アイデアは、ビジネス知識や経験からのニーズ起点、AIモデルなどテクノロジーからのシーズ起点、データマイニングによるデータ起点のものがある。まずは可能性があるアイデアを出しつくした上で、「実効性」と「実現性」の両面から取組みの優先度を判断する必要があると考えている。そのためには、課題設定の段階から、ビジネス知識を持つユーザー、データサイエンスやAIの専門家、実装・運用を担う支援部門の人間などを巻き込んだメンバー編成を行うことが重要になる。実際、前述の「技術文書の検索システム」の開発は、現場技術者から挙げられた複数のアイデアから優先的に取り組むべき課題として選択されたものである。

一方、学習用のデータの整備は、社内の多くのプロジェクトで深刻なボトルネックになっている。例えば、「過去

の案件実績の分析によって新規案件に対する業務の効率化や将来の予測を行いたい」というニーズは多くの部門から寄せられているが、分析に使える状態のデータがほとんど存在しないという場合が多い。データを再構築するための、いわゆるデータの構造化やクレンジングは地道な作業を要することになるが、分析精度を左右する重要なプロセスであり、この部分に多くのリソースが必要になることを覚悟して課題に取り組む必要がある。

データについては、学習データの問題だけでなく、表-1 に実例を示したように出力結果の検証にも注意が必要である。余談になるが、将棋の藤井棋聖が棋聖戦第2局で指した妙手について、将棋ソフトで4億手読んでも全く候補手に挙がらなかったが、6億手まで読むと最善手に挙げられたことが話題になった。藤井棋聖の強さが際立つエピソードであるが、一方で、将棋のように1手で形勢が大きく変化するような非線形性の強い問題では、AIで膨大な数の手数まで読んでも最善手までたどり着けない(≒正解が得られない)場合もあることを示している。

(3) AI 人材の育成

図-5 のフレームワークからわかるように、技術的なスキルの観点では、ビジネス知識とデータサイエンスやAIの知識をうまく融合させることが求められる。しかし、単にそれぞれの専門家が集まればプロジェクトがうまく進められるというものではない。ビジネス知識を持つ技術者がAIの基本や本質を理解できていれば、AIの長所を活かせる課題とそうでない課題を正しく見極めることができ、実効性と実現性の判断の精度も上がる。実際、IPA(独立行政法人情報処理推進機構)が2017年度に実施したアンケート調査では、「AI導入検討上の課題」として「AIについての理解が不足している」と答えた企業が突出している⁸⁾。

このような観点から、AI推進センターでは、AIおよびデータ活用に関する全社的なリテラシー向上を目指す活動の一環として、ディープラーニング協会によるG検定⁹⁾の取得を推進している。当社におけるG検定合格者数は、2020年9月時点で130名以上に達している。今後は、このような裾野を広げる活動とともに、AIの事業実装において中心的な役割を担える人材の育成に向け、より専門性の高い教育プログラムも考えていきたい。

4. おわりに

本稿では、AIの事業実装を切り口にして、いくつかの事例を紹介するとともに、それらのレビューも行いながら、実装を成功させるためのポイントについて筆者の思うところを述べた。AIを様々な事業プロセスで定着させ、当社がデータドリブンカンパニーとしてデジタルシフトを進めていけるのか、ここ数年が正念場であると筆者は考えている。そのためには、スピードを重視しながらAIの実装を進めていくことが鍵になるため、AIベンダー企業やアカデミアとの連携もさらに強化しながら、様々な課題に対して効率的に開発・実装を進めていきたい。

謝辞

土木技術本部の山下主査、エンジニアリング事業本部の越地グループ長には、「粗骨材の粒度分布の検出システム」と「充填包装の不適合品の自動排出システム」のプロジェクトにおけるボトルネックとそれらへの対応について有用な情報を提供していただいた。記して感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 例えば、松尾 豊：人工知能は人間を超えるか ディープラーニングの先にあるもの、角川 EPUB 選書、2015
- 2) 山下 哲一、平塚 毅、長谷川 悦央、加瀬 俊久：粗骨材粒度分布検出システムの開発、第1回「i-Constructionの推進に関するシンポジウム」I-①-3、2019
- 3) 小泉 忠：神戸工場における自動化とロボット、ロボット、No.255、pp.32-34、2020
- 4) 谷口 俊一、平原 大暉、園田 亜斗夢、岡澤 岳、奥田 悠太、鳥海 不二夫：建設機械による災害防止のための対人距離推定手法の研究、2020年度人工知能学会全国大会 大会論文集、1H5-GS-10-01、2020
- 5) 奥田 悠太、藤井 暁也、大山 巧、岡澤 岳、園田 亜斗夢、谷口 俊一：人と重機の接触災害防止を目的としたAI搭載カメラの開発、令和2年度土木学会年次学術講演会梗概集、VI-1103、2020
- 6) 古川 慧、吉岡 真治：建築分野における社内技術文書検索システム作成のための予備的調査、2020年度人工知能学会全国大会 大会論文集、3Rin4-70、2020
- 7) データ利活用フレームワーク (© 2017-2020 Ridgelinez 株式会社、株式会社富士通総研)
- 8) AI白書2019、独立行政法人 情報処理推進機構、pp.110-111、2018
- 9) 一般社団法人 ディープラーニング協会：<https://www.jdla.org/certificate/general/>