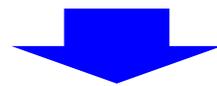


建設分野のA I 活用に関する調査研究報告

研究部 ロボット・Aiグループ
松浦 誠司

1. 調査研究の背景と目的

- ▶ 昨今、AI技術の発展は目覚ましく、各業界・分野においてAI技術を活用した生産性向上、業務の効率化に向けた取り組みが進められている。
- ▶ 建設分野においてもインフラ整備に係る各フェーズ（調査、設計、施工、点検、運用など）においてAIの活用・普及により人手不足の解消や業務効率の改善等が求められている。
- ▶ 建設分野におけるAI活用に関し、各種文献等様々な情報を広く収集・調査し、フェーズ、工種、目的物などに応じたAI活用状況の傾向を分析し、AI活用に関する体系的なとりまとめと、技術ニーズを把握する必要がある。



建設分野や関連分野のAI活用に関する情報を広く集め、傾向を分析することで、
AIに関する技術開発のトレンドを把握すると共に、
今後、技術開発が求められ、活用が見込まれるAIに関する技術ニーズの把握を目指す。

2. 調査方法

(1) 調査の進め方

➤調査対象技術

建設分野で開発、実証、実用されているAIを活用した技術。
活用場面は、建設に関わる全てのフェーズを対象。
海外の技術も調査対象。

➤収集方法

学術論文、プレスリリースなど公表済みのソースから情報を収集。

➤調査期間

2017年1月から2023年3月（2022年度末）までの期間に公表された情報。

(2) 調査対象

■ 2017年～2021年度末

専門誌×24誌、業界紙×1紙、シンポジウム・学術論文×6大会、国土交通省関連^{注1)}×7情報、プレスリリース（ゼネコン、コンサル、海外建設会社、建機メーカー）×49社、Webニュース×6媒体 注1) i-Construction、NETIS、国土技術政策総合研究所等のWeb情報

■ 2022年度以降

効率的に調査を進めるため、調査対象のスクリーニングを実施
建設分野のAI活用に関して多くの情報が得られる下記の媒体を調査対象に選定

➤ シンポジウム・学術講演会

土木学会年次学術講演会

AI・データサイエンスシンポジウム

ISARC (International Symposium on Automation and Robotics in Construction)

➤ プレスリリース等

建設ITワールド (<https://ken-it.world/it/>)

建設分野のプレスリリース等をまとめて紹介するWebサイト

(3) 情報収集の成果物

➤ 集計表（ Microsoft Excel ）

- 収集された各文献について、重要な項目や情報を整理
- 集計表では、1行に1つの文献を対応させて各種項目で分類
- それぞれの文献が文献名や出典元、発行年、題名などの項目に基づいて適切にカテゴリー分けされ、効果的に検索・比較可能

➤ 収集した文献のPDFファイル

- PDF形式で1文献ごと1ファイルに保存.
- それぞれに固有の番号を付与

(4) 集計表 (Microsoft Excel) について

(4)-1集計項目

①フェーズ

AI技術が活用される場面について、「調査」「設計」「施工」「製作」「点検」「修繕」「点検～修繕」「運用」「その他」に分類。

②工種

AI技術が活用される工種について、国土交通省土木工事積算基準に基づく工種区分で分類（フェーズが「施工」「製作」の場合のみ）。

③目的物・目的物対象

AI技術が関連する対象物（構築されるものや点検対象など）について、国土交通省土木工事共通仕様書等に基づき分類。

例：「道路－トンネル（NATM）」、「河川－水門」など

④対象機械

AI技術に関連する機械について、建設機械等損料表、およびこれに含まれない計測機械、特殊機械等を加え分類。

⑤使用データ

AI技術が使用するデータの種類（画像、音、テキストなど）。

⑥AIの種類

AI技術のベースとなるアルゴリズム。

⑦効果

得られる効果で分類（安全性向上、生産性向上など）。

⑧開発レベル

AI技術の開発達成度を分類（実用レベル、実証レベル、研究開発段階など）。

⑨関係者

AI技術の開発等に関わる企業や団体（ゼネコン、メーカー、ITベンダー、大学・教育機関、研究機関など）。

(4)-2集計表のフォーマット
 1技術につき一行で取りまとめた。
 集計表（抜粋）を以下に示す。

文献の出典情報・基本情報						
通し番号	番号	雑誌名(書名)、新聞紙、WEBサイト、出典元	リンク先	発行(掲載)年	タイトル名	コメント
166	m048	雑誌名(書名)、巻、号	リンク先	年のみ記載	論文名	
				2020		

①	②	③		備考	④							
フェーズ	工種	目的物	目的物対象		対象機械分類1	対象機械名称1	対象機械分類2	対象機械名称2	対象機械分類3	対象機械名称3	対象機械分類4	対象機械名称4
	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-

- ①フェーズ
- ②工種
- ③目的物・目的物対象
- ④対象機械

3. AI活用事例の調査結果と考察

(1) 調査件数 今回の調査では下表に示す件数の文献を収集した。

調査文献数

調査期間	2017～2018年	2019～2020年	2021～2022年注1)	総計
全体	54	356	621	1031
国内分	28	303	560	891
海外分	26	53	61	140

1技術1件となるように重複文献を除外した。

調査期間（2年間または全期間）毎に重複除外した後の調査件数

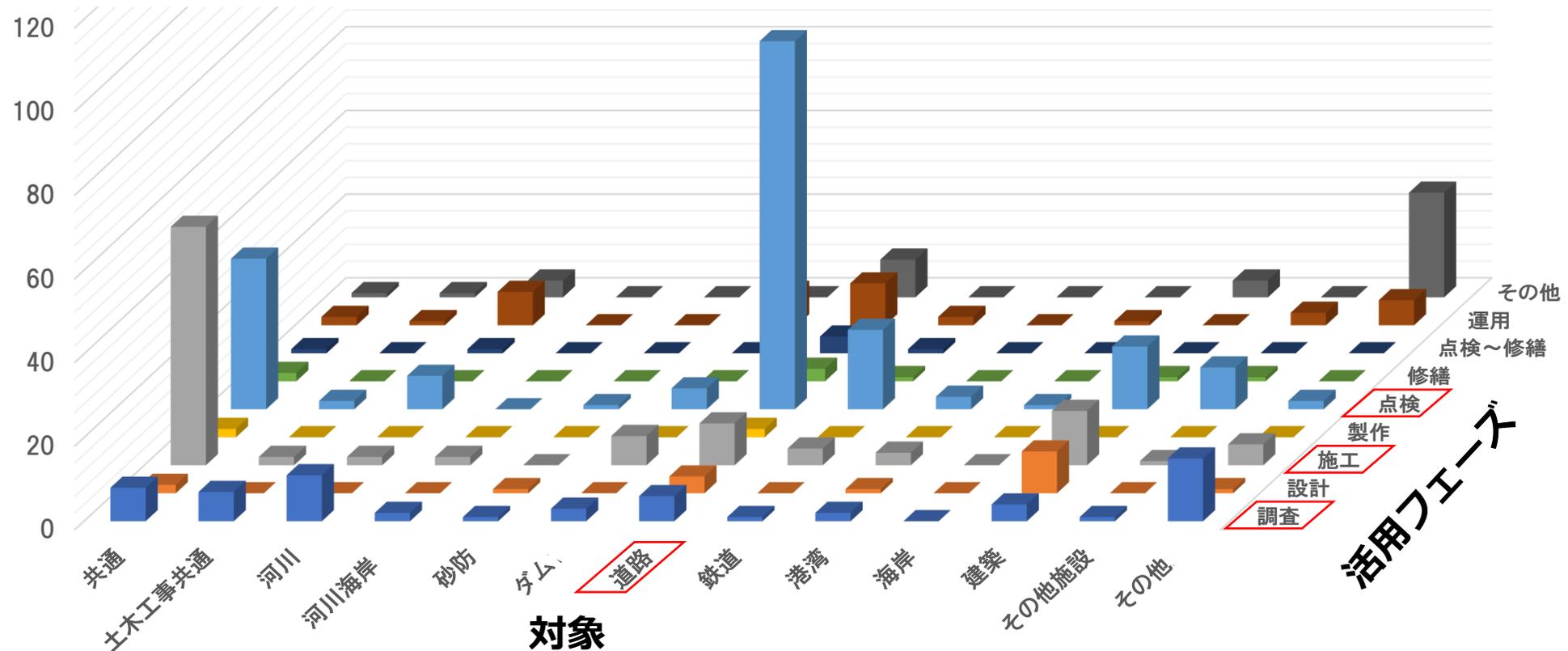
調査期間	2017～2018年	2019～2020年	2021～2022年注1)	2017～2022年注1、注2)
全体	50	269	489	724
国内分	25	219	432	599
海外分	25	50	57	125

注1) 2023年3月までの件数を含む

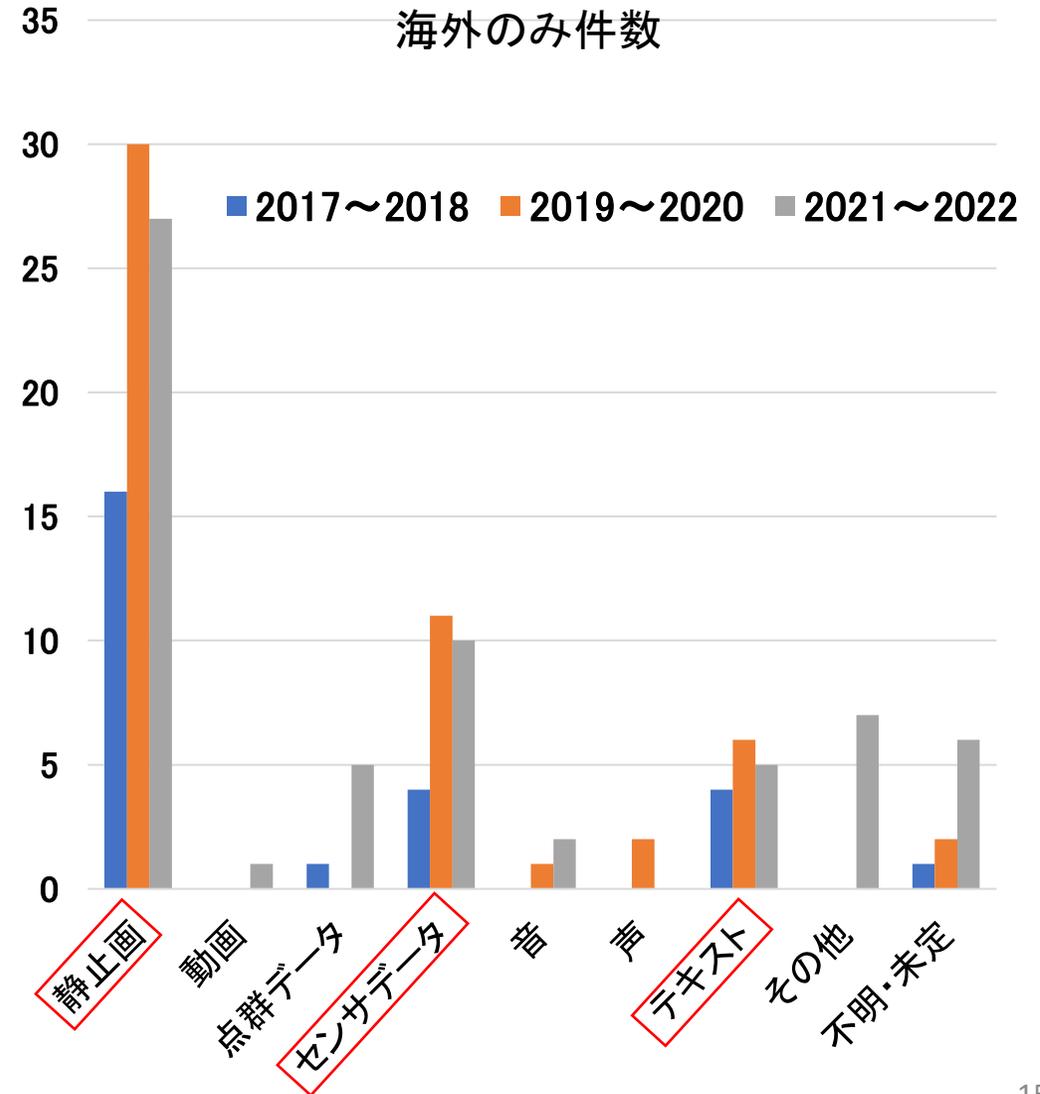
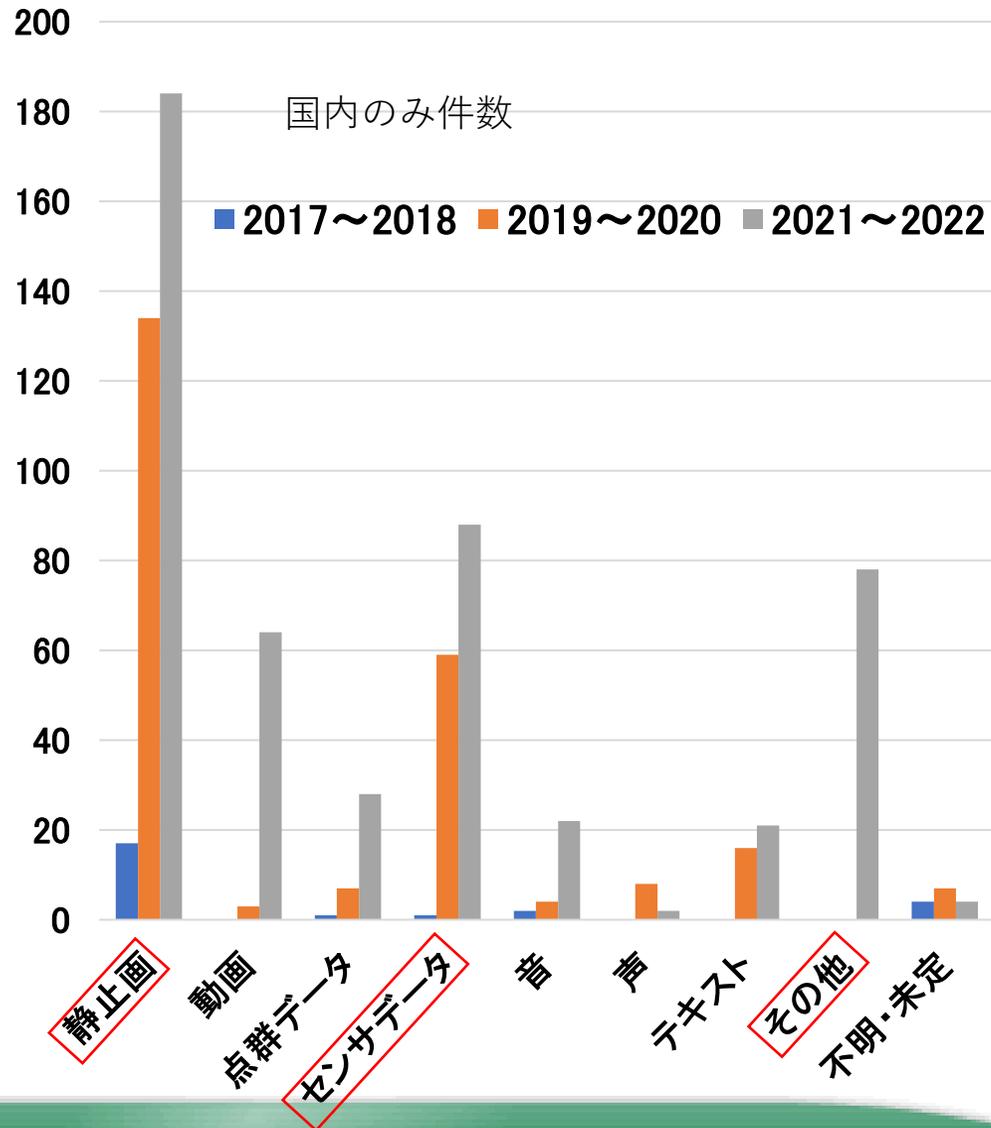
注2) 2017～2023年3月の全期間に同じ技術の文献が複数あった場合でも1件としてカウントしているため、2年毎の集計の合計とは異なる件数となる。

(2) 建設分野におけるAI活用フェーズと対象

- フェーズとしては、「点検」、「施工」、「調査」の順で多く、年数とともにそれぞれ増加傾向にる。
- 活用されている対象としては、特に「道路」が多い。

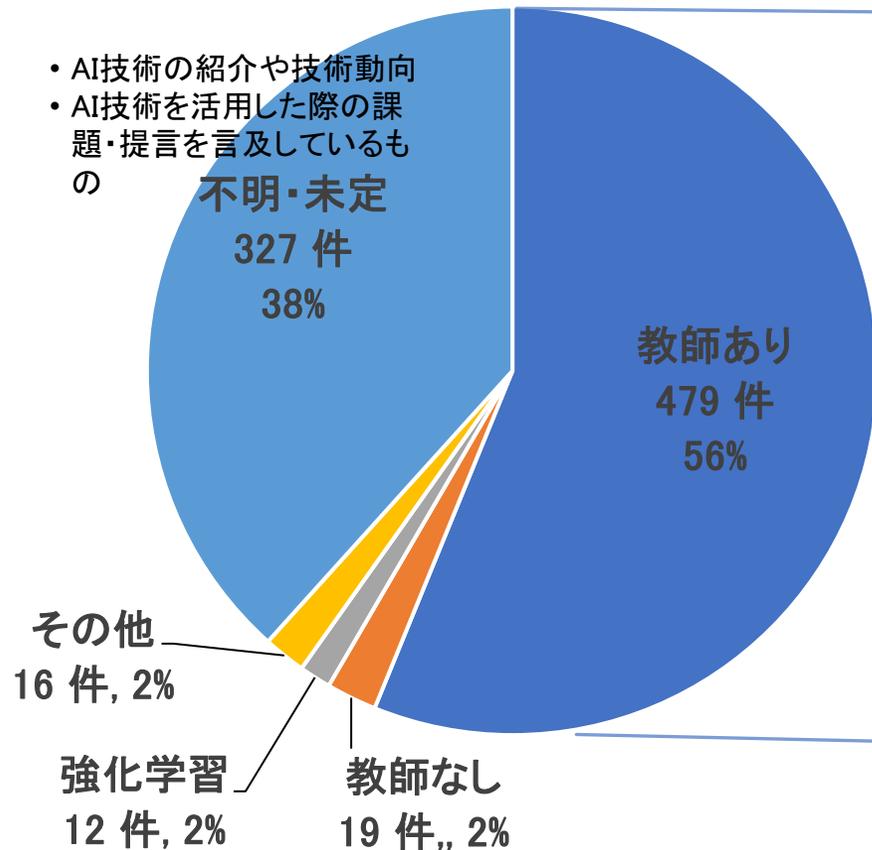


(3) 建設分野におけるAIの使用データ

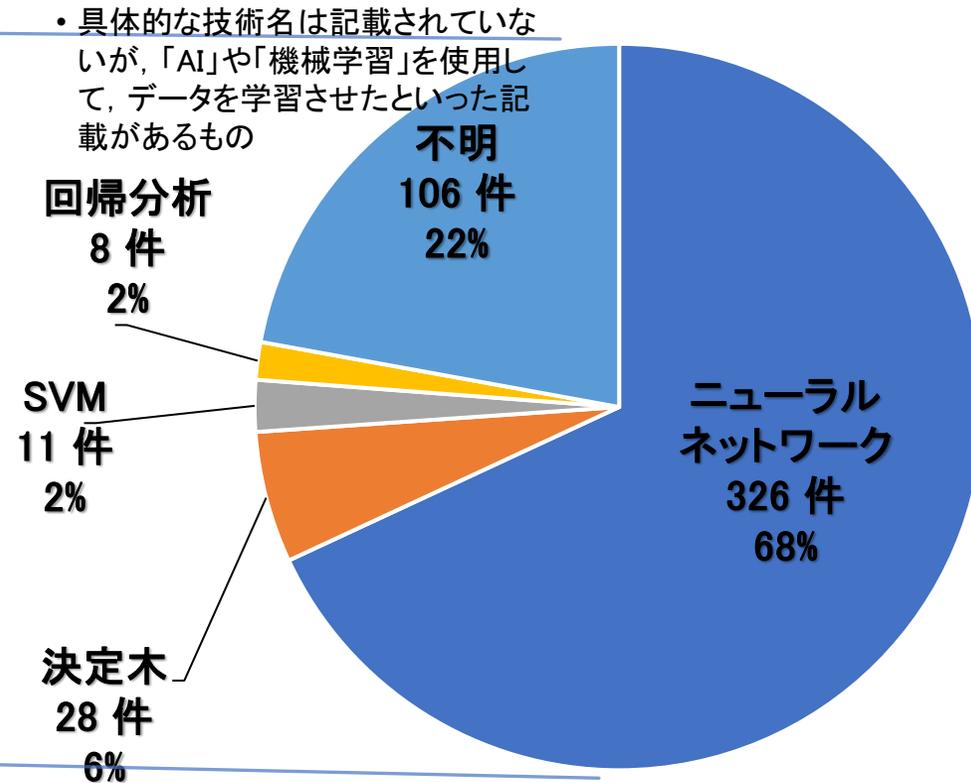


(4) 建設分野におけるAIの種類

【AIの種類】



【教師あり学習の内訳】



4. AI活用事例

建設分野におけるAI技術の例

1. 造成工事を対象としたデジタル施工管理システム
清水建設株式会社
2. AI制御による不整地運搬車（クローラキャリア）の自動走行技術
株式会社熊谷組
3. AI画像認識技術を活用した粒度管理システム「T-iTsubumil」
大成建設株式会社
4. 建設現場におけるAIを活用した危険予知・注意喚起の取組み
三井住友建設株式会社
5. 画像によるコンクリートスランプ管理システム
株式会社大林組

AI活用事例 1

造成工事を対象としたデジタル
施工管理システム
(AIによるダンプトラックの状態遷移識別)

清水建設株式会社

造成工事を対象としたデジタル施工管理システム（AIによるダンプトラックの状態遷移識別）

■ 目的

造成現場における現場全体の効率化

■ 特徴

建機の位置情報と作業情報を集約・可視化し、リアルタイムで分析するシステム

- ステータス管理（稼働、休止等）
- 稼働状況把握（稼働率、稼働時間、移動距離、移動場所）
- 高精度な位置情報
- 運土情報（ダンプ運搬回数）
- 施工高さMAP
- 運搬土量帳票 自動作成
- 作業日、作業量、天候等の記録

■ 導入方法

- 建機に専用デバイスを取付
→誰でも取付・取外し可能(取付時間15分程)
- 可視化ツールは現場ごとに合わせて作成
→現場の閲覧したい情報のみをピックアップして表示可能

■ 期待される導入効果

- 施工管理の省力化
- 施工改善による生産性向上



Shimz-Smart-Site® Analyzer_ダッシュボード
(web上で閲覧)



データフロー図

造成工事を対象としたデジタル施工管理システム（AIによるダンプトラックの状態遷移識別）

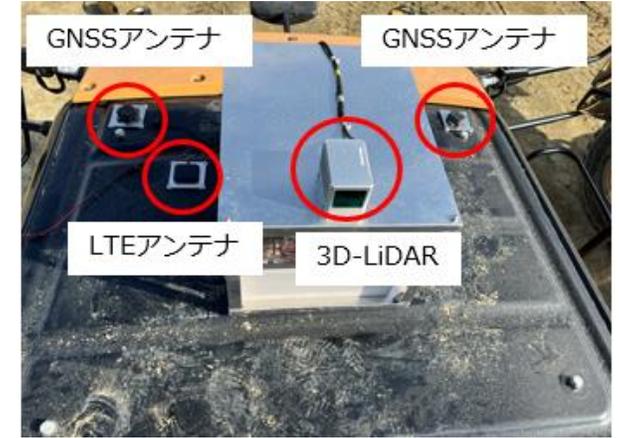
■デバイス

ダンプトラックに搭載する計測機器は3D LiDAR, GNSS, データ処理用PC, LTE通信機器で構築
3DLiDARはベッセル内部の点群データを取得しており、データ処理用PCで状態判定後、位置情報と共にクラウドに送信されデータ分析に使用

■AIによるダンプトラックの状態遷移識別

3DLiDARによって取得した点群データを元にベッセル内の状況を判定(空荷・積荷・荷降ろし)
GNSSによる位置情報と組み合わせることにより、積土場所・盛土場所を特定

ダンプトラック状態遷移図



ダンプ専用デバイス



設置状況

点群データを用いたダンプの状態監視（空荷）

The image displays the RViz2 interface used for monitoring a dump truck's status using point cloud data. The interface is divided into several panels:

- Terminal (Left):** Shows the output of the `ros2 topic echo /dump_state` command, which returns `data: empty` repeatedly, indicating an empty truck. A red bracket highlights this output, with a callout box stating "判定：空荷" (Judgment: Empty Load). Above the terminal, another callout box says "AI判定結果" (AI Judgment Result).
- Displays Panel (Middle-Left):** Shows the configuration for the `PointCloud2` display, including settings for `Fixed Frame`, `TF`, `Topic`, `Selectable`, `Style`, `Size (m)`, `Alpha`, `Decay Time`, and `Position Transformer`.
- Image Panel (Bottom-Left):** Shows a camera view of a green field with a dump truck in the distance.
- Main View (Right):** Shows a 3D point cloud of the dump truck. A red circle highlights the point cloud, with a callout box stating "ベッセル内：空" (Bucket: Empty). The label "点群" (Point Cloud) is also present in the top right of this view.

点群データを用いたダンプの状態監視（積荷）

The image displays a screenshot of the RViz2 software interface, used for visualizing 3D data. The interface is divided into several panels:

- Left Panel (Terminal):** Shows the output of a ROS2 topic echo command. The output consists of multiple lines of "data: carry", indicating the current state of the dump truck. A red bracket highlights this output, with a label "AI判定結果" (AI Judgment Result) and "判定：積荷" (Judgment: Load).
- Top Panel (Displays):** Shows the configuration for the PointCloud2 display. The "Status" is "OK", and the "Topic" is "/livox/lidar". The "Style" is "Spheres", "Size (m)" is "0.02", "Alpha" is "1", "Decay Time" is "0", and "Position Transformer" is "XYZ".
- Bottom Left Panel (Image):** Shows a camera view of a dump truck in a simulated environment.
- Right Panel (3D View):** Shows a 3D visualization of the point cloud data. A red circle highlights a specific region of the point cloud, with a label "ベッセル内：土あり" (Vessel: Soil present).

点群データを用いたダンプの状態監視（荷降ろし）

The image displays a ROS2 environment with three main components:

- Terminal (Left):** Shows a stream of 'data: dumpup' messages. A red bracket highlights this stream with the label 'AI判定結果' (AI Judgment Result). Below it, a terminal window shows the output of 'ros2 topic echo /dump_state_recognizer/manager/DumpState', displaying state transitions: 'data: '*** empty から carry ***'' and 'data: '*** carry から dumpup ***''.
- RViz (Middle):** Shows the 'Displays' panel with 'PointCloud2' selected. The 'Status: Ok' checkbox is checked. A small inset image shows a real-world view of a yellow dump truck.
- RViz (Right):** Shows a 3D point cloud visualization of a dump truck. A red circle highlights the point cloud data with the label 'ベッセル動作=積み下ろし' (Bucket operation = unloading). The label '点群' (Point Cloud) is also present.

造成工事を対象としたデジタル施工管理システム（AIによるダンプトラックの状態遷移識別）

ダンプトラック運土分析

■ 運土位置MAP

「Carry:積土」, 「Dump-up:盛土」した箇所を現場図面上にプロット どのエリアで積土・盛土しているかの 傾向を把握することができる

■ ダンプ運搬回数

GNSS情報とAIによるダンプ積み込み認識情報を組み合わせて、正確な積土位置と荷降し位置をMAPに表示

■ 運土帳票

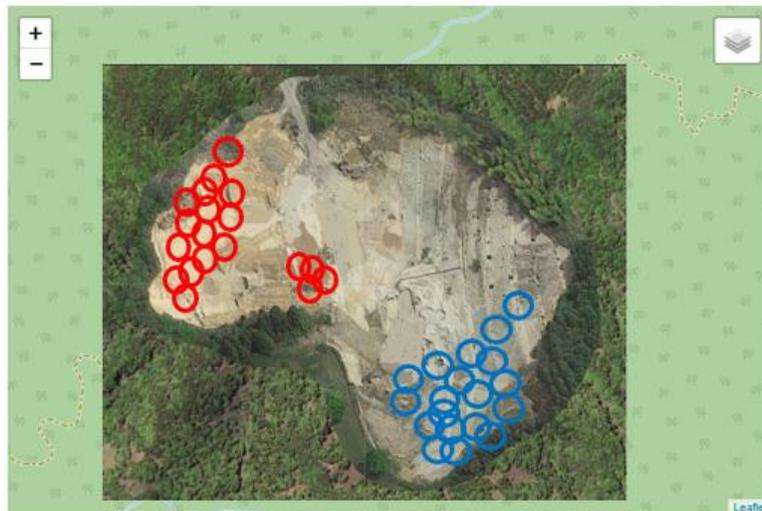
運土運搬データを処理し帳票を作成
Excelファイルとしてダウンロードも可能。週や月毎の帳票作成も可能。



ダンプトラック個別運搬回数

盛り土移動Map

Carry ○ Dump-Up ○



運土位置MAP

Carrey Area	DumpUp Area	TON
A Area	B Area	28
C Area	C Area	560
C Area	B Area	588

運土帳票

AI活用事例2

AI制御による 不整地運搬車（クローラキャリア）の自動走行技術

株式会社 熊谷組

ネットワーク対応型無人化施工システム

無人化施工で必要とされる下記の信号を変換機器によってIP化して伝送し、1つのM2M (Machine to Machine) ネットワーク上で無人化施工機械群の一元管理するシステム

- ①建設機械の遠隔操作信号
- ②作業用固定カメラ・車載カメラの映像信号
- ③情報化施工機械(MC・MG)の制御信号

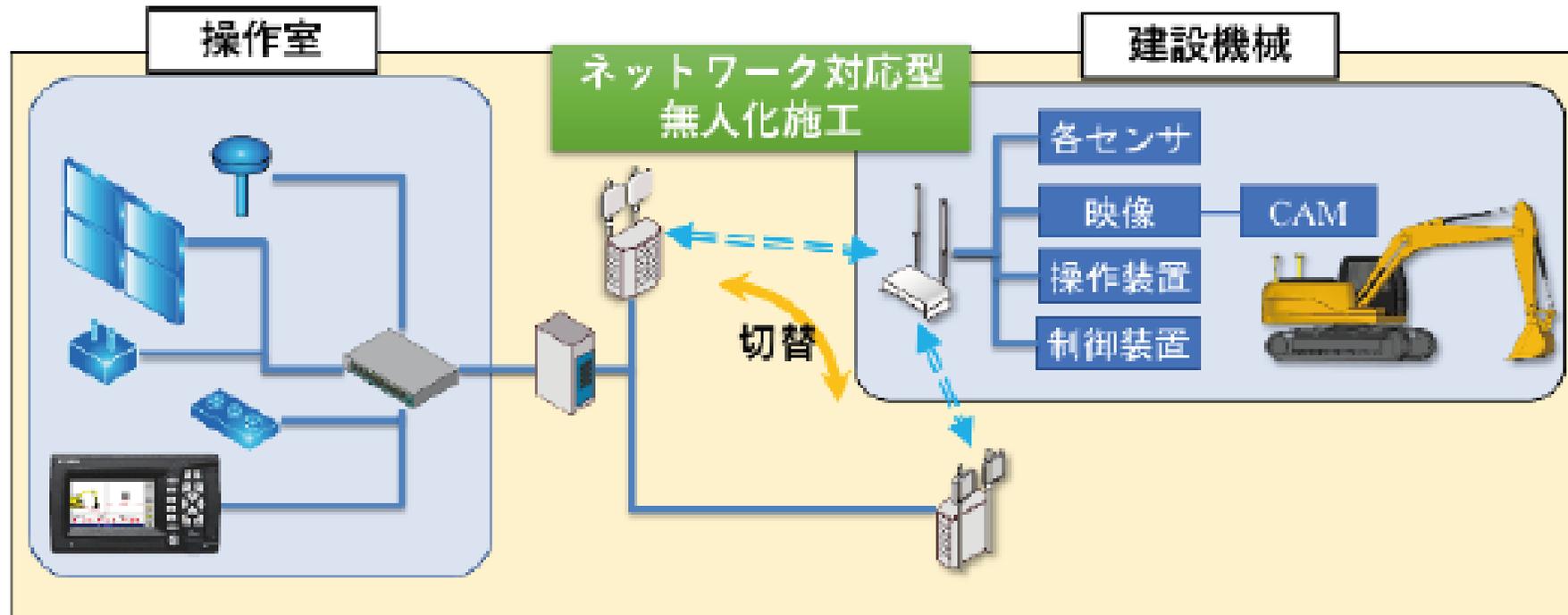


Fig.1 ネットワーク対応型無人化施工

不整地運搬車の自動走行技術

【自動走行フロー】

(1) 教示運転

オペレータが遠隔操作室から不整地運搬車を遠隔操作し、その時の速度の加減と経路の情報を基に経路情報を作成する（教示データ）

(2) 自動走行準備

前進・後進信号と自走走行開始信号を送信すると、車載PCは教示データを読み込む

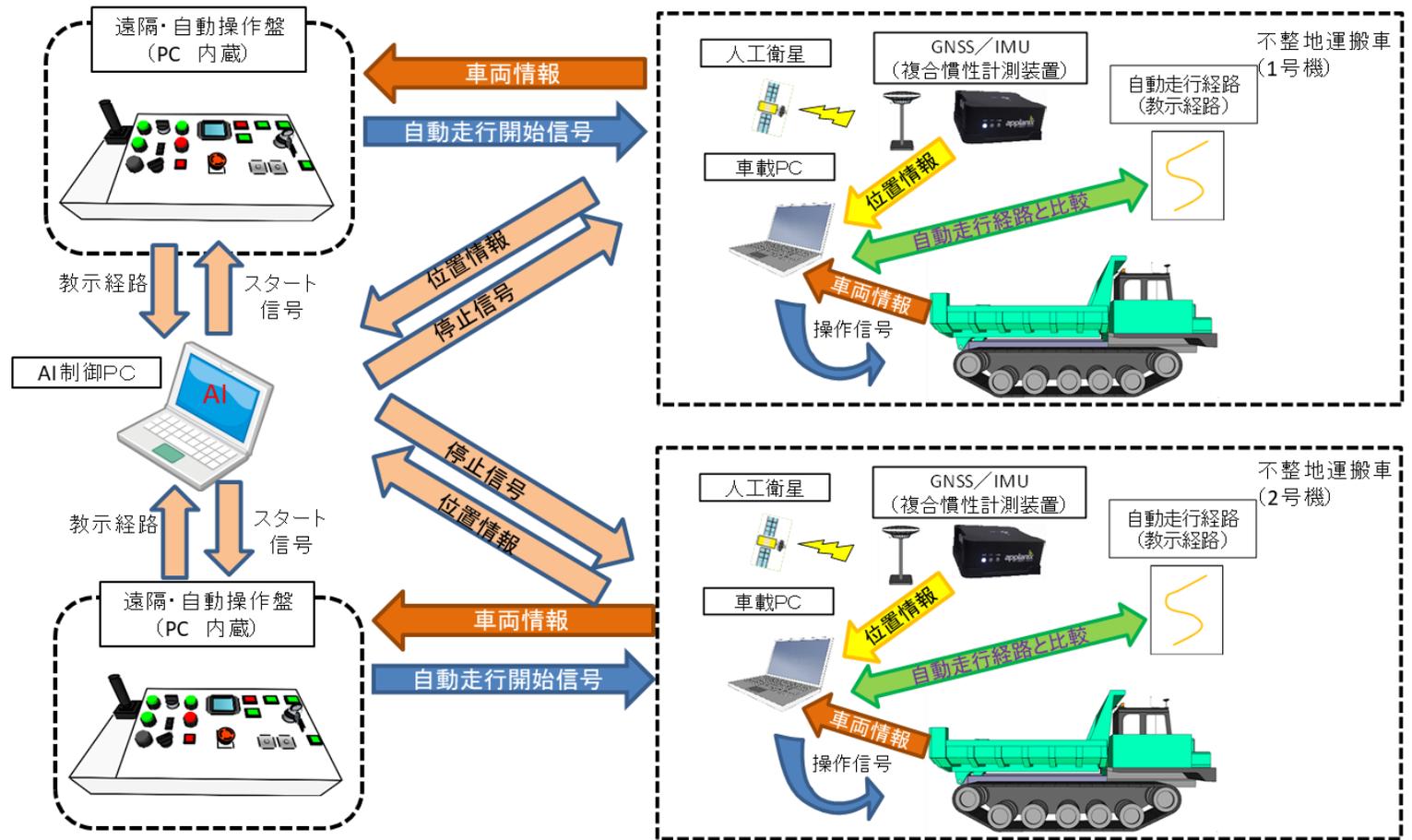
(3) 自動走行

車載PCが教示データと車両の現在位置を比較しながら制御して不整地運搬車を走行させる



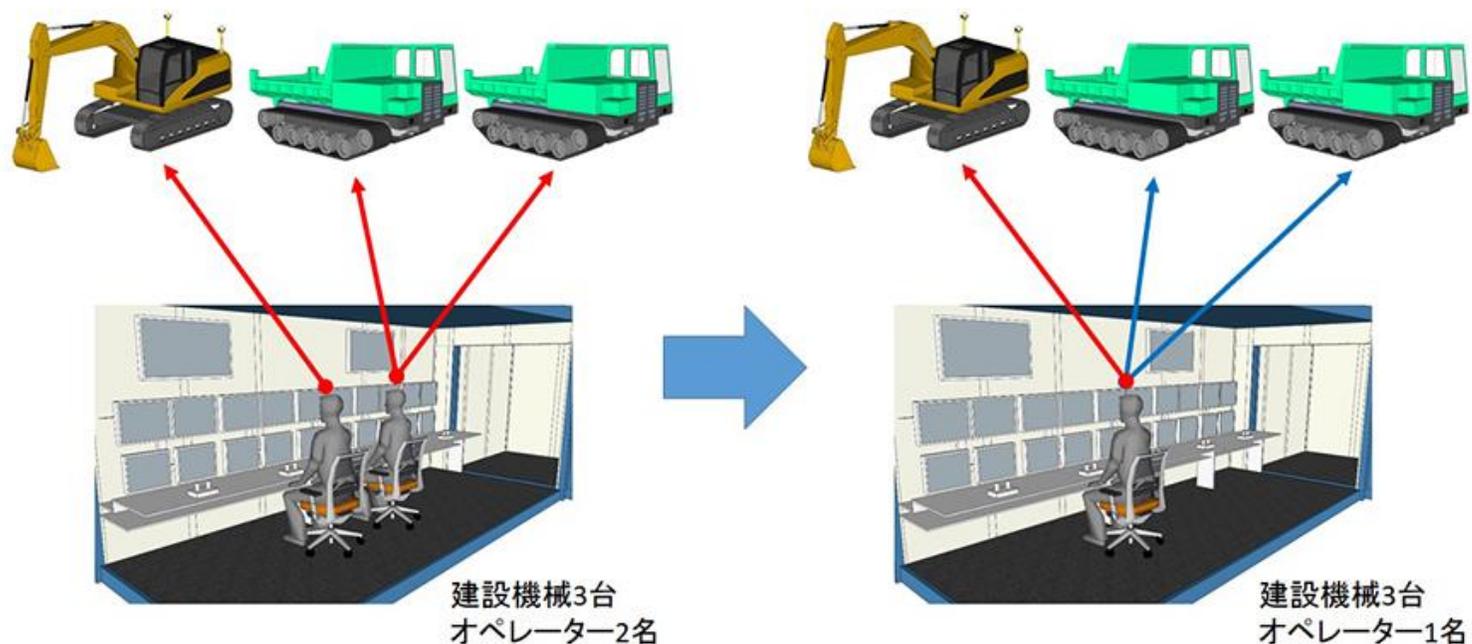
【AI制御技術】

- 教示運転に基づく不整地運搬車の自動走行技術
- AIによる運行管理技術を組合せた制御技術
- 同一経路上を往復する複数台の不整地運搬車を効率よく自動制御
- 無人化搬送車（AGV Automatic Guided Vehicle）の経路計画で用いられる手法から独自技術を組み合わせ、走行経路と車両位置を解析することにより組合せ最適化



【AI制御技術】

- 無人化施工をベースとしたオペレータ主体のシステムである。
- 仮想レールの設定から制御までオペレータが管理する。
- 人による運行管理が不要になるため、土砂積載から土砂運搬の一連の作業がオペレータ1名で可能。
- 自動制御にトラブルがあってもオペレータが介入し、遠隔操作で復帰できる。



不整地運搬車の自動走行技術

【特長】

教示運転により、現場環境に合わせた経路生成が容易

- ✓ 教示運転時の地面の凹凸や障害物等へ対応が教示データに反映されるため、現場状況を把握するためのセンサに依存しない安全な自動走行を実現
- ✓ 熟練オペレータによる教示運転により、走行精度向上

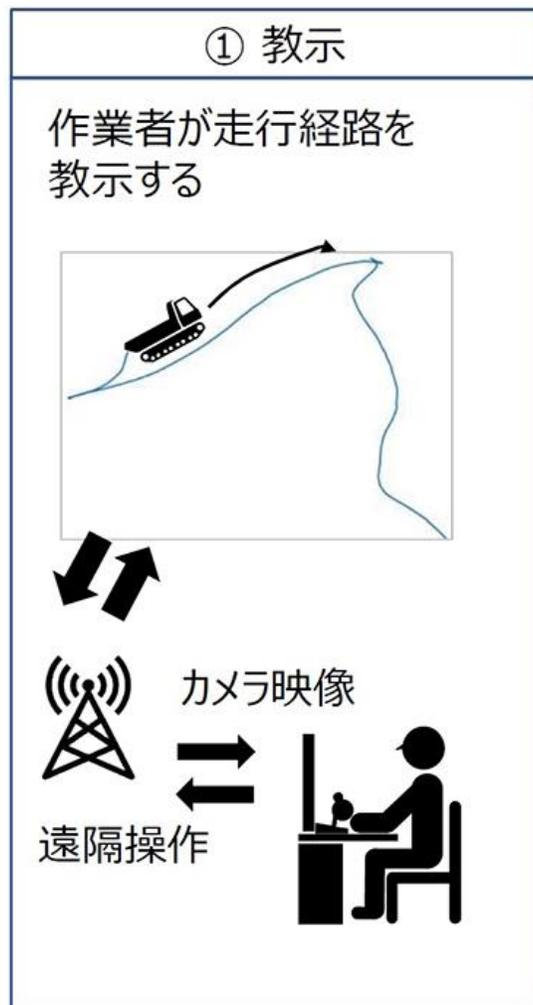
【課題】

走行経路の複雑化や走行台数の増加により運行管理が困難に

→オペレータに代わる管理手段として**AIによる運行管理**を開発



AI作業フロー



遠隔操作による教示運転を実施し、教示データ作成



車両同士の安全な位置関係や衝突の可能性のある位置関係を計算し、安全である状態のみ抽出



全ての位置関係の状態から、コスト・時間が最小となる効率的な運航計画パターンを生成



運行計画パターンを車両に指示するとともに、常時AIによって走行の開始・停止の判断が行われる。

【AI活用箇所】

- 教示させた仮想レールの解析および運行計画

【AIに使用するデータ】

- GNSSデータ、形式はテキストベース

【実績】

- 阿蘇大橋地区斜面对策工事
- 大切畑地区県営農地等災害復旧事業第1号工事

【技術的課題等】

- 車両位置のパターンをすべて計算するため、車両台数の増加や複雑な経路において計算量が膨大になる。



施工検証状況（操作室）

AI活用事例3

AI画像認識技術を活用した 粒度管理システム 「T-iTsubumil」

大成建設株式会社

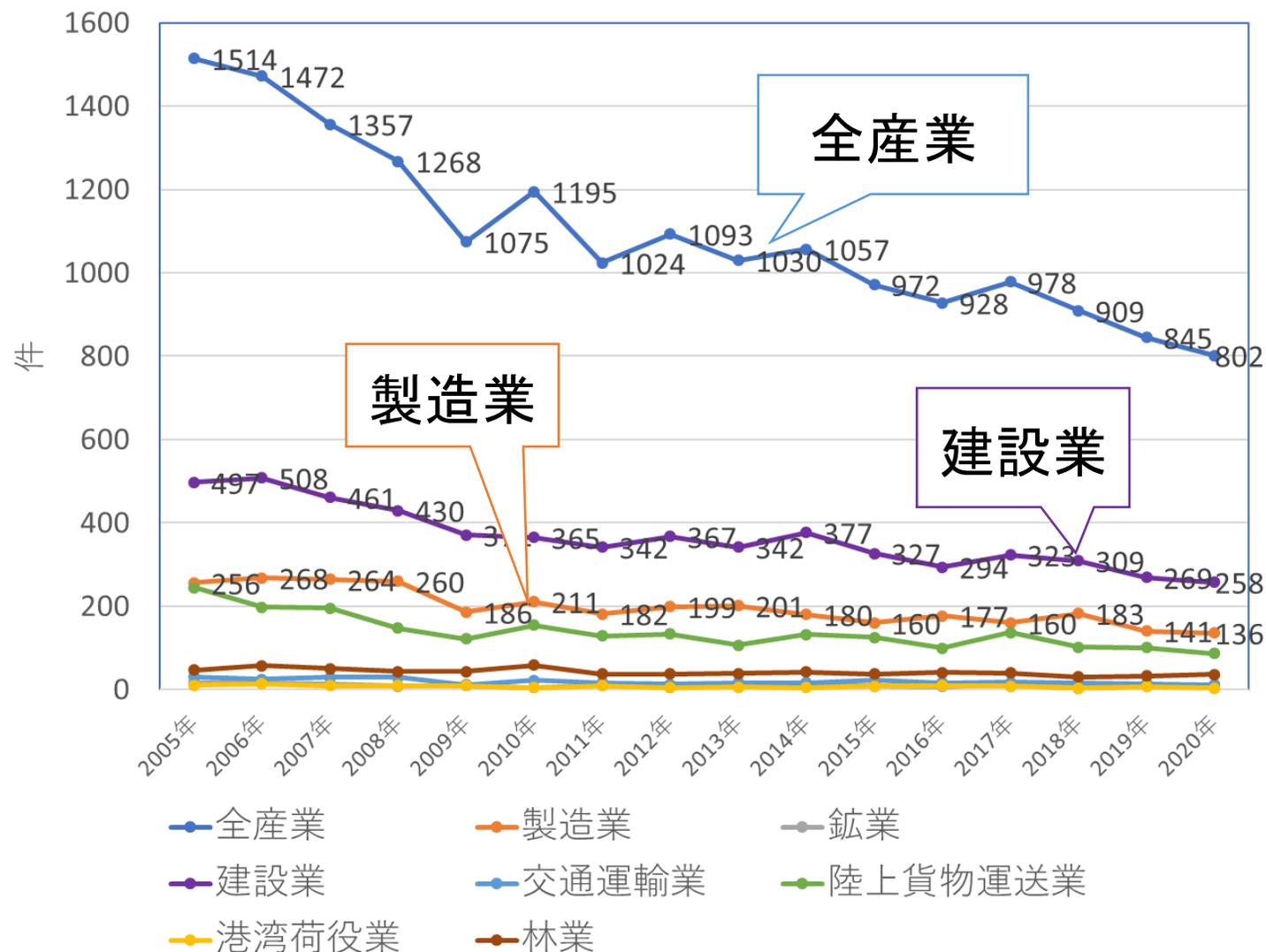
AI活用事例4

建設現場におけるAIを活用した 危険予知・注意喚起の取組み

三井住友建設株式会社

建設業における安全管理：開発の背景

産業別の災害による死亡者数推移



厚生労働省HP
労働災害発生状況
データより作成

人は自分が気にしているものに注意が行く

- 新聞広告
- 電車の中吊



「安全・注意喚起 A I」の目的

- タイムリーな気づきによる災害の削減を目的とした注意喚起ソリューションの実現。
⇒ 技能者の属性と作業内容にあわせた安全注意喚起

着眼点

①当社で発生した災害事例が再発防止に十分生かされていない。

⇒災害事例を貴重なナレッジとして“現場で”活用する。

②現場で毎日行われているKY(危険予知)活動がマンネリ化している。

⇒これから実施しようとしている作業に関連する**実際の災害事例**をその場で知ることによって“心に響く”KYを実現する。

K I B I T の利用

FRONTEO社の自然言語処理A I エンジン

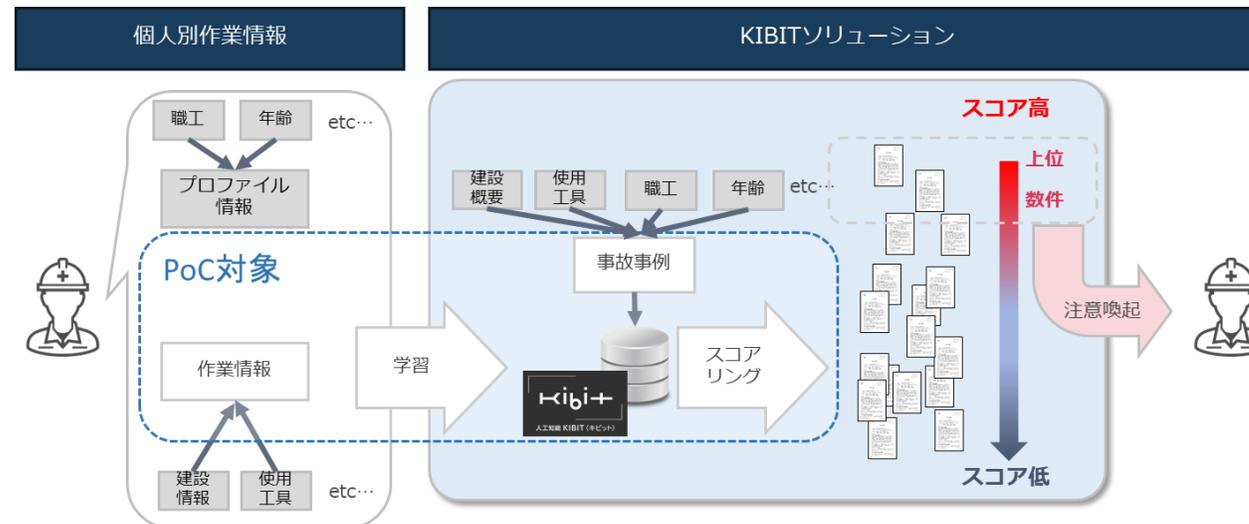
- 国際訴訟において限られた時間の中で大量のテキストデータから証拠となるデータを発見する。
- 過去に発生した災害事例から、これから実施する作業と同様の環境で発生したものを発見する。

AI と検索システムの差

- 通常の実索システムの場合、少ないインプットで大量のデータから意図する事例を瞬時に抽出することが困難と考えられる。
- 検索システムは事例の追加時に検索キーとなる言葉の設定作業が必要となり、作業の負担が大きい。AIは災害報告の文章をそのまま使える。
- AIは将来的なシステムの利用シーンとして拡張性が高い。

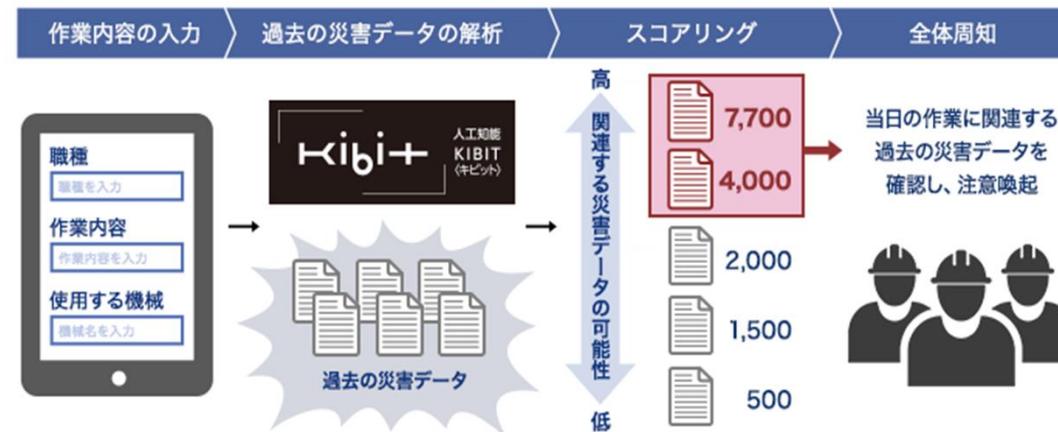
技術検証（P o C）の実施

- 本当に実現可能かを確認する技術実証（P o C）を実施。
- 災害データ約1300件を利用し、職種と作業内容から起こりうる災害データを抽出可能かを検証。
- **職種と作業内容を単純に与えたのみでは適合率は 46%であった。**
- **作業内容に関連する情報（使用機材、道具、危険要素等）をあらかじめ与えておくことで、適合率が81%に改善。**



現場利用版の開発

- 現場において朝礼後に**職種（チーム・班）**毎に行なわれる**KY活動**で利用することを想定したシステムを実装。（事例数5000件以上）
- iPad／PCを利用。（作業所担当者が持つデバイスですぐ使える）
- 作業所担当者が職種ごとのKY活動に参加し、**職種と作業内容**を入力すると、**発生する可能性のある災害事例**を表示する。これをチーム・班内で共有し、KYK記録に残す。
 - 毎日同じ作業でも違う事例を提示する。



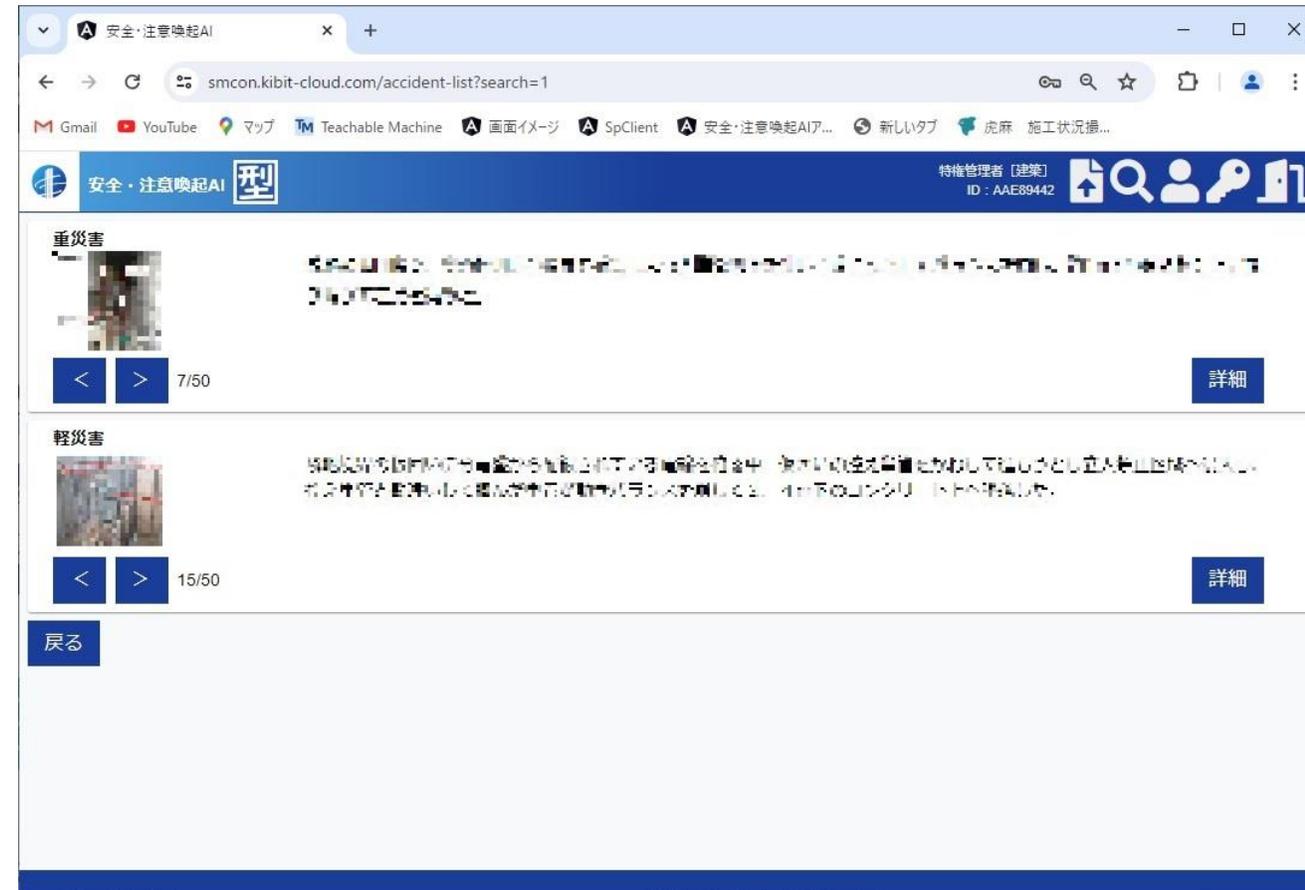
2021年度 運用開始

- アンケートによるフィードバックを得つつ全店展開中



2021年度 運用開始

- アンケートによるフィードバックを得つつ全店展開中



フィードバック

- 経験の浅い作業所担当者の教育になる。
- KYのマンネリ化を防げる。
- 操作が簡単でいつでも使える。

- 出てきた事例をすぐに理解するのは難しい。
- 図がないものは伝わりにくい。

- 画面では小さいので印刷して配りたい。

画像によるコンクリート スランプ管理システム

生コン車の荷卸し画像からAIにより
スランプを全量監視

株式会社大林組



MAKE BEYOND

つくるを拓く



画像によるコンクリート スランプ管理システム

生コン車の荷卸し画像からAIにより
スランプを全量監視

(株)大林組

4.まとめ

4. まとめ

- ▶ 調査件数の傾向から、建設分野におけるAI活用への取り組み事例が加速度的に増加していることがうかがえる。
- ▶ その一方で、AIの技術が一般的になり、多くの企業や機関がAIを活用している状況を考慮すると、文献やプレスリリース等では、AIの活用について、強調されない傾向があると推測される。
- ▶ 2022年11月のChatGPTの公開等を経て、生成AIは目覚ましい進歩を遂げ、建設分野でも活用事例が増え始めている。本調査研究では、2023年3月までに公表された文献等を対象としたことから、生成AIの活用が顕在化していなかった。
- ▶ 今後は、生成AIの活用拡大の動向も踏まえ、建設分野における生産性向上や省人化に有効と考えられるAIを活用した施工の自動化などの調査研究等を進めていく。

- 成果物（報告資料、集計表と文献ごとのPDFファイルや集計結果）のご利用に関するお問い合わせは、当センターまでお願いいたします。

今回の発表資料をまとめるにあたり、建設分野におけるAIを活用した技術を開発されている以下の5社の皆様には、各社の技術に関する資料や情報を提供していただきました。

- ✓ 清水建設株式会社
- ✓ 株式会社熊谷組
- ✓ 大成建設株式会社
- ✓ 三井住友建設株式会社
- ✓ 株式会社大林組

この場を借りて心より感謝申し上げます。