

土砂運搬可視化システムの開発経緯

京 極 敦 史

建設業界では「慢性的な人手不足」が状態化し、作業進捗管理、CO₂ 排出量管理などの管理業務効率化が課題となる。これらの課題に対し、車両からの作業情報をクラウド管理にすることにより、車両管理者が必要とする情報を必要とする時に入手できるシステムが、管理業務面における省力化、省人化への一躍を担うものとする。

そこで本稿では不整地運搬車における管理業務指示を目的とした、人為的な作業を軽減し現場の効率化・省人化を目指す取り組みとしての土砂運搬の管理システムを紹介する。

キーワード：不整地運搬車、土砂運搬、可視化、作業効率化、省人化

1. はじめに

日本国内での直近 30 年における建設投資額は、ピーク時の 1992 年の 84 兆円から 2024 年の 73 兆円程で、2020 年の東京オリンピックを契機とした開発事業などは進んだものの、コロナ禍による影響でその伸びは鈍化している¹⁾。また、土木建設業の就業者は 1997 年の 685 万人から 2021 年の 485 万人へと 3 割程度減少している²⁾。中でも若年層の減少が顕著となり、その就業者の約 34% が 55 歳以上、29 歳以下の割合は約 11% となり「高齢化による慢性的な人手不足」課題が顕著に表れている³⁾。

また一方で、働き方改革により労働時間は減少したものの、他業種と比較するとなおも高水準である（図—1）。あわせて 2024 年 4 月から時間外労働規制が適用され、労働時間と工期のバランスによる生産性向上が課題となる。その一つの解決策として国土交通省が進

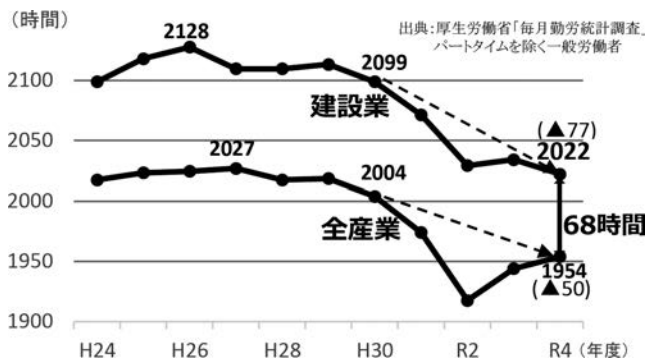
める「i-Construction」の一層の活用がある。総務省が纏めた資料において、建設業界におけるクラウドサービスの利用状況は、令和 2 年（2020 年）では導入率 76.0% であったが、令和 5 年（2023 年）では 87.7% まで増加している⁴⁾。

今回、不整地運搬車（以下、クローラキャリア）を対象に積込場所、積載量、排土場所などの運行車両記録をデータ化し、アプリケーションを介しグラフ生成による可視化し、車両運行状況の把握を可能とする土砂運搬可視化システム（以下、本システム）を開発した。次項以降にその詳細を記す。

(1) 課題

クローラキャリアを用いる現場では、作業進捗管理における運行記録として、土量移動量を主としたレポート保管を行う。土量計測についていくつか方法はあるが、現状 TS 測量などの実測による計測手法が一般的な測定方法である。近年は 3D レーザースキャナや空撮測量などの画像処理手法を用いた効率化も進んでいる⁵⁾。それらの計測結果をもとに土量計算を行い、土の種類、土砂移動量をレポートに記載し運行記録として保管する。しかしそれらに用いるデータ計測方法は、現場条件に合わせ各現場で方法が異なる現状があり、その結果、各計測方法におけるバラツキにより、一義的な基準化が難しくレポート作成に掛かる事務作業の弊害となる。

また、現場ではバックホウを用い土砂の積込を行っているが、その積載量はオペレータ判断となる傾向が



図一 産業別年間実労働時間

あり、計測結果として過積載になる事案がある。

これらの実情に対して、運行管理およびその作業の効率化が課題となる。

(2) 解決手法

現在、各種建設機械では、車両自体が稼働データをリアルタイムに取得し、それらのデータは通信デバイスを介し、管理サーバに送信、保管され車両稼働状況把握や不具合発生時のエラー状況の把握などに活用するテレマティクス技術が搭載されている。それら技術をクローラキャリアに用い、稼働状況はもとより既存技術である積載量測定データを抽出することで、運行記録としての生成が可能となる。また過去からのデータを組み合わせることで、車両の稼働状況や土砂移動量を主とした作業進捗管理も可能となり、これまでの実測手法と比べ格段に運行管理作業の効率化に繋がるものと考え⁶⁾。

データはクラウド上に保管されるため、スマートフォンやタブレット上でのアプリケーションを使用することにより作業が可能である。そのため場所を選ばずに機械状態の確認と運行記録作成ができ、更なる効率化となると考える。

2. システム概要

本システムは、稼働管理システム（テレマティクス）との組み合わせにより構成され、使用するデータを一部AI機能を用い判定する。以下、機能詳細。

(1) 稼働管理システム（テレマティクス）

以下の車両位置（GPS）情報、車両 ECU 情報および稼働管理情報を取得する。

①車両位置（GPS）情報

車両位置情報は測位精度が高いGNSS「Global Navigation Satellite System」（全地球航法衛星システム）を用いる。

②車両 ECU 情報

エンジン稼働時間、燃料残量、尿素水残量、各種エラー発報情報、CO₂排出量算出のため、燃料消費量などの情報を車両 ECU から取得する。

③稼働状態情報

積載質量、ダンプ（排土）カウント数などの稼働状態情報を取得する。

従来より車両に搭載されている積載量計量機能と合わせた過積載防止機能より過積載回数を合わせ取得する。

(2) 土砂運搬可視化システム

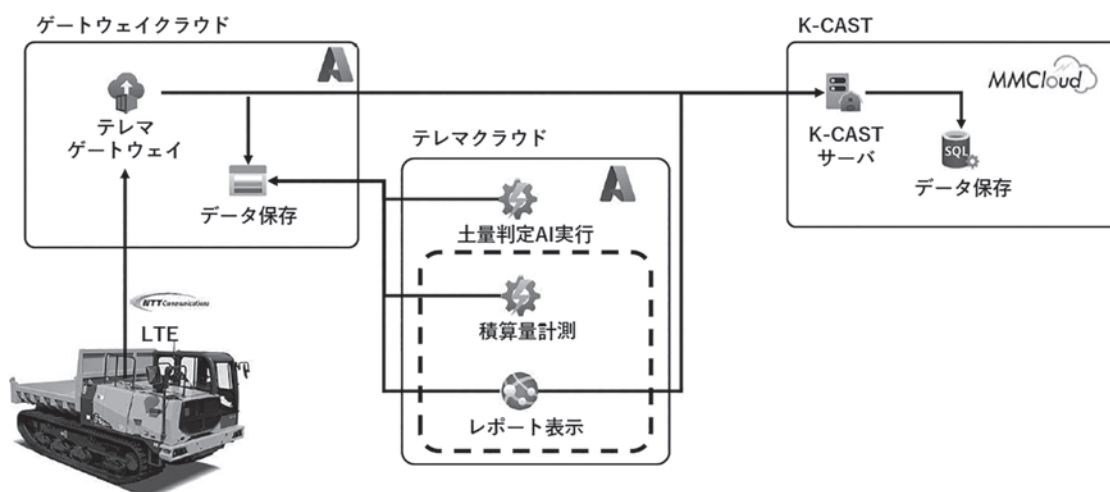
本システムの目的は、運搬土量の計測とその移動域を算出し、それらを統合し可視化状態で記録（レポート）することである。

システム構成は、Microsoft Azure 上に構築した稼働管理システムクラウドとは、別の土量計測用テレマクラウドを構築した（図—2）。

最大の特徴は、前項にて説明した稼働管理システムより得た各データを用い、土砂の積込・積載・排土の作業状態をAI判定し、土量と移動位置を算出することである。

その概念は、車両『停止・走行』の各状態を時系列情報として取得し、停止を基準とした『積込・排土』を判定する（図—3）。また稼働管理システムにおけるGNSSからの位置情報を組み合わせることで、土量と移動場所およびその経路を特定する。

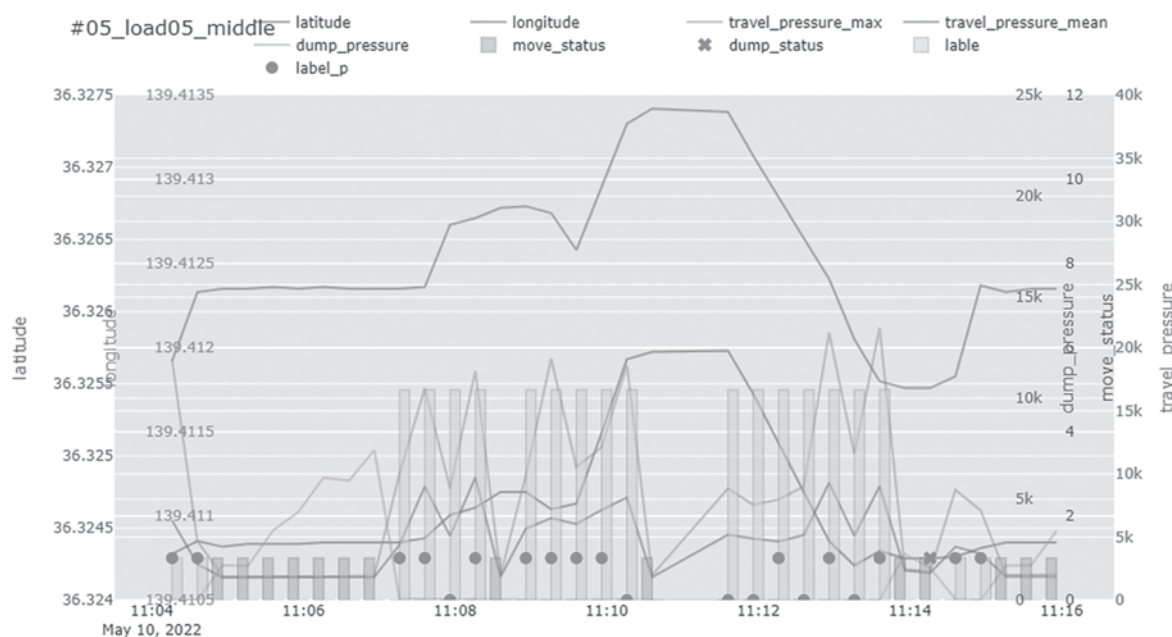
状態は、「積込」「積載」「空荷」「排土」「走行」「停



図—2 システム概要



図—3 判定の流れ



図—4 積載判定イメージ

止」の6つとする。

注：「積込」とは、車両に土砂等の運搬物を油圧ショベル等で積込む状態とし、「積載」とは「積込」後、荷台に運搬物が積載されている状態と定義する。

状態の一つである「排土」については、車両の機械的作動（荷台作動）を伴う状態であるため、稼働管理システムから得られる情報により判定が可能となる。荷台作動であるダンプ（排土）カウント回数が上がったタイミングとその直前での積載有無により排土を判定し、またその前後での積載量変異にて排土量を算出するもので、荷台の状態変化が明確に確認できるため、比較的容易に判定が可能である。

課題としては、「積込」と「積載」状態の判定とそれに伴う開始場所と移動域の特定である。それらの状態では荷台の機械的作動（ダンプカウント）が無いため、その状態がどの場所で始まり（積込）、どの場所まで続いたか（積載）をその前後での停止状態時にお

ける取得可能な各パラメータ値を用い判定する必要がある。

種々パラメータ値の分析を行い解決手法を探った結果、「停止」「走行」と「積込」「空荷」状態判定をAIを用いた機械的学習を組み入れたモデルにて推論する手法に至った。

「積込」状態の推論には複数の学習アルゴリズムにて検証を行ったが、LDA（教師あり線形判別分析）を用いることで最も結果が安定することを確認した（図—4）。

また、各状態判定の基準となる「停止」に対しては、荷台作動に変化が無い、積込のための停止とあわせ運搬物の変化が伴わない停止（以降、停車）の2種類があり、それぞれの判定が必要となる。

各状態判定、(a)「走行」「停止」「停車」、(b)「排土」、(c)「積込」「積載」「空荷」、(d)「積載量の測定」は以下のような方法で判定した。また車両から取得する各パラメータ値を用い判定する。

- (a)「走行」「停止」「停車」は、車両から取得する複数パラメータ値に条件付を行い判定する。
また停止前後の状態判定を用い、積込のための「停止」と「停車」を判定する。
- (b)「排土」判定は、停止状態で荷台作動としてダンプカウントがアップした時点を、「排土」として判定し、その場所を排土場所とする。
- (c)「積込」「空荷」判定は、車両『停止・走行』状態、その前後における積載質量変位に機械的学習を行い、推論判定を行った。
「積込」は、停止前の走行状態が空荷で、且つ停止後の走行状態が「積載」の場合を「積込」とし、その場所を「積込」場所とする。
「積載」は、「積込」後、走行中の積載状態に一義的な閾値を設け、閾値を上回った場合を積載とする。
「空荷」は停止前が空荷で、且つ停止後の「走行」が空荷の場合を「空荷」判定とする。
- (d)「積載量の測定」は「排土」直近の質量値を「積載量」とする。

3. 土量レポート

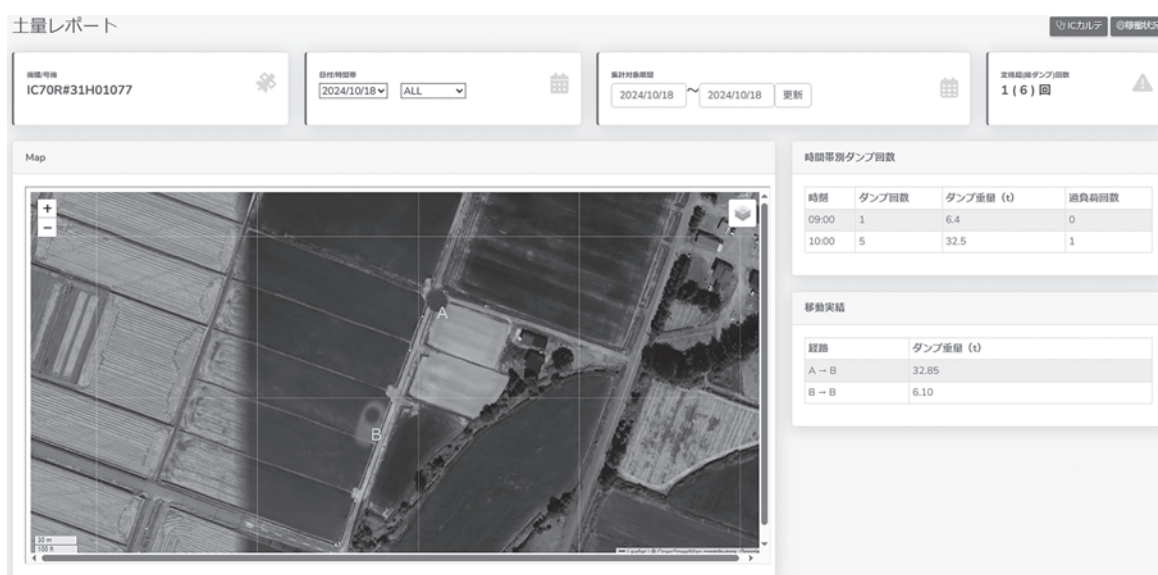
本システムでのアウトプットとなる土量レポートを示す（図—5）。

このレポートは、土砂運搬（土砂をどこで積込、どこまで移動し、どこで排土したか）という定義のもと、本システムの目的であるその実績を直感的に捉えられるよう、可視化したものである（図—6）。

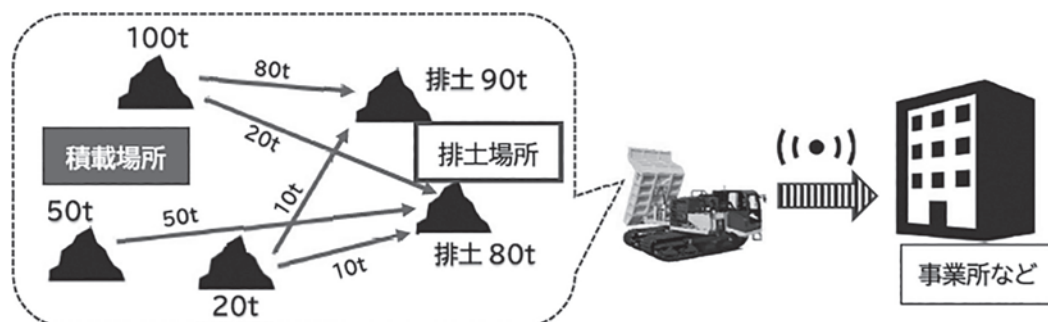
レポート内運搬実績の項目欄では、それぞれの停止地点をアルファベットで識別し、それぞれの地点における状態判定結果により、土砂の移動位置およびその移動量実績を地図上および表形式で画面表示する。

地図上では「積込」「排土」の各状態判定を色別に表示し、アルファベットによる積込場所（青色）、排土場所（赤色）が視認でき、表中では地図上のアルファベットとリンクした土砂の移動経路とそれぞれの経路におけるその移動量が表示される（図—7）。

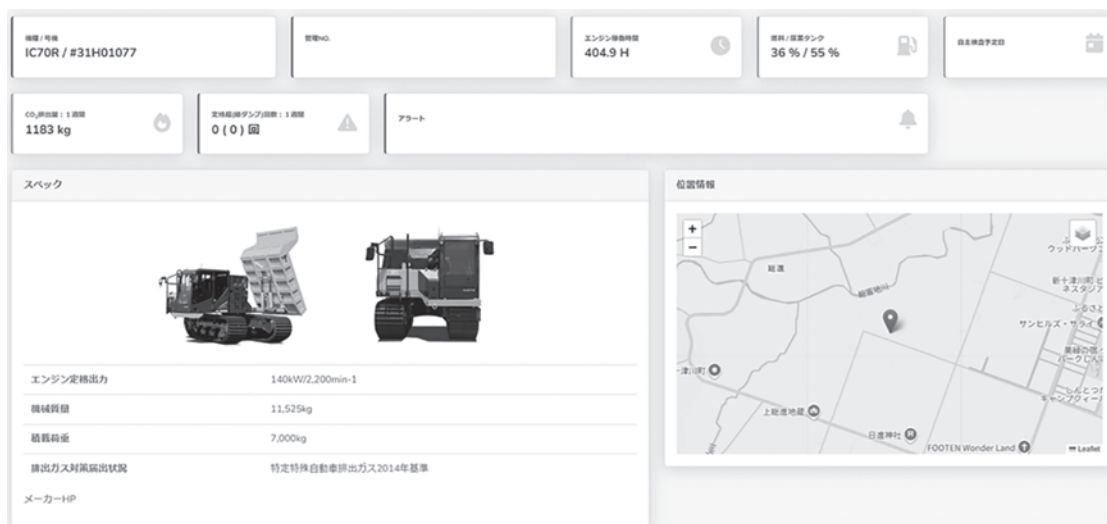
土砂の移動量に関しては、排土回数とその排土量より排土地点における総量が表示される。



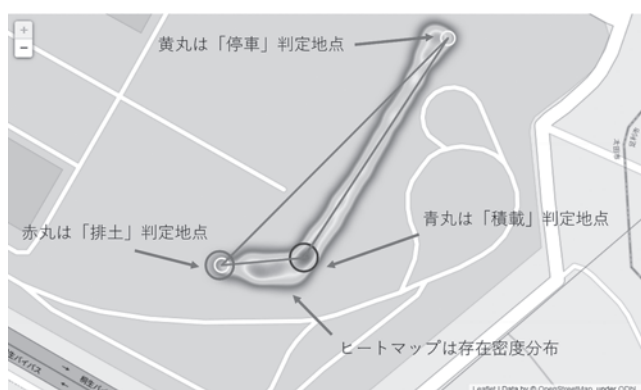
図—5 土量レポート



図—6 土量移動量のイメージ



図—8 稼働状況



図—7 地図上への反映イメージ

3年分の保存データより、過去の日付絞り込み集計や複数日での期間集計を行うことも可能となる。

また単日集計では、1日の作業における時刻別表示も可能である。

レポート内には、稼働監視システムより取得した過負荷データより、過積載回数が表示される。過積載は事故リスクが高くなり、安全を損なうだけでなく、機械の機能低下や部品寿命低下による不具合要因となる場合もある。

また、社会的課題としての「CO₂排出量の測定」機能も備える（図—8）。稼働におけるCO₂排出量を数値化し記録することにより、CO₂削減活動にも有効に活かされるものとする⁷⁾。

4. おわりに

本システムは2024年4月から提供開始され、不整

地運搬車での活用を推進していく。本システムを利用することにより、作業進捗や車両状況の蓄積データから、日別、週別、月別等の要求に応じた運行記録（レポート）作成が可能となる。本システムを有効に活用することにより、現場における事務作業効率化や遠隔地からの進捗管理も可能となり、不整地運搬作業における省力化、効率化の一助になるものと期待する。

謝 辞

本稿執筆にあたり、本システムの開発時より貴重なアドバイスを頂いた関係者皆様の協力に心より感謝を申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 「令和6年度（2024年度）建設投資見通し 概要」, 国土交通省, 2024年8月
- 2) 「建設業及び建設工事従事者の現状」, 国土交通省, 2022年3月
- 3) 「最近の建設業を巡る状況について【報告】」, 国土交通省, 2024年3月
- 4) 「令和5年 通信利用動向調査報告書（企業編）」, 総務省, 2023年6月
- 5) 「土工事の土量管理測量について」, JSCE 公益社団法人 土木学会, 2016年9月
- 6) 「工事写真や報告書作成、帳票に時間を費やしている」, 建設業 DX (<https://www.kenrebui-dx.com/construction/miscellaneousaffairs.html>)
- 7) 「国内外の最近の動向について(報告)」, 環境省 地球環境局, 2024年2月

【筆者紹介】

京極 敦史（きょうごく あつし）
 (株)加藤製作所
 商品企画部
 主任

