# (63) IoT 技術を用いた築堤盛土工事における燃料消費量の計測と可視化

谷口　亮[1]・藤岡　誠[2]・番上　勝久[3]・亀田　允璋[4]・
谷口　悠[5]・山元　弘[6]

[1]正会員　株式会社 EARTHBRAIN（〒106-6029 東京都港区六本木 1-6-1 泉ガーデンタワー 29 階）
E-mail: ryo_taniguchi@earthbrain.com

[2]非会員　株式会社 EARTHBRAIN（〒106-6029 東京都港区六本木 1-6-1 泉ガーデンタワー 29 階）
E-mail: makoto_fujioka@earthbrain.com

[3]非会員　株式会社 EARTHBRAIN（〒106-6029 東京都港区六本木 1-6-1 泉ガーデンタワー 29 階）
E-mail: katsuhisa_banjou@earthbrain.com

[4]非会員　田部井建設株式会社　土木事業部（〒360-0217 埼玉県熊谷市上根 102）
E-mail: y.kameda@tabei.co.jp

[5]非会員　株式会社小松製作所　開発本部（〒254-8555 神奈川県平塚市四之宮 3-25-1）
E-mail: yu_taniguchi@global.komatsu

[6]正会員　株式会社小松製作所　CTO 室（〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6）
E-mail: hiroshi_05_yamamoto@global.komatsu

持続可能な社会の実現に向けた世界的な意識の高まりから，環境負荷の低減を目指した取り組みが，土木分野においても求められている．土木施工段階においては建設機械やダンプトラックによる燃料消費量の削減は重要な課題と考えられるが，そのためには機械土工における施工工程全体の燃料消費量を省力かつ迅速に可視化できることが望ましい．そこで本稿では，土木施工段階における機械土工に着目して，IoT 機器を用いた燃料消費量の計測及び可視化方法を検討した．結果として，稼働中の築堤盛土工事を対象として，建設機械とダンプトラックから自動計測した稼働実績データを用いて，積込みから運搬，盛土まで工程全体の燃料消費量の可視化を実現できた．

***Key Words:*** *IoT, fuel consumption, actual operation data, ICT, visualization*

## 1. はじめに

持続可能な社会の実現に向けた世界的な意識の高まりから，SDGs をはじめとした多様な取り組みがみられるようになった．2050 年までにカーボンニュートラルと脱炭素社会の実現を目指すという政府の宣言を受けて，土木分野においても環境負荷の低減を目指した活動が強く求められている．

建設業では，油圧ショベルなどの建設機械から直接排出される二酸化炭素に加え，資材の製造や資材・廃棄物の運搬なども含めた二酸化炭素量は日本の全体の約 14%を占め [1]，土木施工段階におけるディーゼル機関の稼働に基づく燃料消費量の削減は重要な課題と考えられる．

一方，土木施工段階における燃料消費量の削減のためには，建設機械やダンプトラックに由来する機械土工の燃料消費量の迅速な計測と可視化が必要である．しかし，満タン法などの手作業による燃料消費量の計測には，給油量の管理やデータ化に多くの手間と時間を要する．加えて，掘削作業や積込み作業には油圧ショベル，盛土作業にはブルドーザやローラー，土砂運搬にはダンプトラックなど複数種類の機械や車両が使用され多数の協力業者が関わるため，機械土工全体の燃料消費量の把握自体が困難なケースも考えられる．

また，機械土工に関連した燃料消費量の可視化に関する既往研究には，清水ら [2]の油圧ショベルの掘削工程に対する詳細な燃料消費量の可視化を行った研究や，川股

ら [3]のマップ情報から大型車両の燃料消費量を推定した研究，杉谷ら [4]の車載計測装置を用いた建設機械の排ガス計測に関する研究の他，平田ら [5]の軸トルクやエンジン回転速度などからダンプトラックの燃料消費量を推定した研究などがある．しかしいずれも，建設機械単体や工事車両のみを対象としており，施工工程全体における燃料消費量の計測や可視化に着目した研究はみられない．

以上から，施工中の燃料消費量を自動で計測し，省力かつ迅速に可視化する方法の検討には意義がある．そこで本稿では，IoT 機器を活用した建設機械とダンプトラックの稼働情報の自動計測による，機械土工における施工工程全体の燃料消費量の可視化方法を検討し，施工中の築堤盛土工事での検証を目的とする．

## 2. 計測現場

### (1) 現場の概要

本検証は，栃木県下都賀郡野木町友沼地先に位置する「R4 思川川西水防拠点盛土工事」で実施した．発注者は国土交通省 関東地方整備局 利根川上流河川事務所，受注者は田部井建設株式会社である．本工事は，災害発生時の避難場所や復旧活動の拠点として活用可能な，水防拠点の築堤盛土整備工事である．

### (2) 施工工程と計測対象

計測対象とした施工工程は**図-1** の通りである．対象機械は，土取場でダンプトラックへの積込み作業を実施する 1 台の従来型の油圧ショベル（0.7 ㎥），土取場から盛土場への運搬作業を実施するダンプトラック，盛土作業（敷均し，転圧）を実施する 1 台の ICT ブルドーザ（18t 級）とし，1 日 1 回の集計を実施した．法面整形や付帯作業を行う建設機械は計測対象外とした．

工程当初は主に河川敷の工事用道路を通行する片道約 4km の土取場を使用し，それ以降は主に一般道を通行する片道約 20km の土取場に変更となる．前者はダンプトラック 8 台前後，後者は 25 台前後での運搬を実施する．

## 3. 燃料消費量の計測方法

### (1) 建設機械の燃料消費量の計測

コマツ製の機械稼働管理システムである「Komtrax」により，積込み用の油圧ショベルと ICT ブルドーザの燃料消費量を日々計測した．コマツ製の建設機械の多くに標準装備されており，**図-2** の通り燃料消費量や稼働時間といった稼働実績データが 1 日 1 回サーバへ自動送信されるため特別な機器装着は不要である．




**図-1** 計測対象とする施工工程



**図-2** 建設機械の稼働実績データの例



**図-3** ダンプトラックに装着した車両情報取得端末

### (2) ダンプトラックの燃料消費量の計測

**図-3** の通り，CAN コネクタを使用する既成の車両情報取得端末を使用し，ダンプトラックの燃料消費量を計測した．稼働情報は 1 秒間隔で計測され，10 分間隔で稼働実績データがサーバへ自動送信される．本端末には SIM カードを搭載しているため，携帯電話のサービスエリア内であればサーバとの通信が可能である．また，端末に内蔵されている GNSS による運搬距離情報を取得した．計測データの集計にあたり，Komtrax の通信間隔に合わせて 1 日単位に集約した．

### (3) 施工土量の計測

建設機械とダンプトラックの燃料消費量に加えて，1 日単位で盛土の施工土量を計測した．施工土量の計測に

は，起工測量の点群データと ICT ブルドーザの履帯下面から取得した稼働日最終地形の点群データである施工履歴データを利用した．

稼働日当日の盛土の施工土量は，以下の方法で計測した．まず起工測量の点群データに対して，日々の施工履歴データを統合し，土量計測対象の前稼働日の点群データを作成した．次に，稼働日当日の施工履歴との差分計算により施工土量を算出した．

## 4. 燃料消費量の可視化

検討した計測方法に基づき，稼働中の築堤盛土工事にて積込み，運搬，盛土の各工程における建設機械とダンプトラックの燃料消費量の可視化を行った．計測はダンプトラックの車両情報取得端末を装着した 2023/2/14 から，運搬工程完了の 2023/4/18 まで実施した．本稿ではそのうち，2023/3/1 から 2023/4/18 の工事稼働日の可視化結果を示す．

### (1) 盛土作業の燃料消費量の可視化

Komtrax により計測した盛土作業に従事する ICT ブルドーザの燃料消費量を，図-4 に示す．3/13 や 3/30 は降雨の影響により稼働時間が少なったため燃料消費量が小さくなっているが，他の日では約 80L から 140L の間で推移している．土取場が変更された 3/28 以降も燃料消費量には大きな影響は見られていない．

盛土の施工土量と燃料消費量の関係に着目すると，ICT ブルドーザの燃料消費量と施工土量には大局的には相関関係がみられる．一方，4/3 は燃料消費量に対して施工土量が大きい．これは現場に仮置きされ転圧されなかった土砂を，翌営業日にまとめて ICT ブルドーザで施工していることが原因と考えられる．ICT ブルドーザの施工履歴データは稼働日当日の施工箇所が取得されるため，仮置き土量の計測が不可能である．今後は転圧履歴などの活用による，盛土の出来形に着目した土量計測が必要と考えている．

### (2) ダンプトラックの車両実績の可視化

運搬作業で稼働するダンプトラックのうち，車両情報取得端末で計測した燃料消費量を図-5 示す．燃料消費量は車両によって差が見られるが，1 台あたり 60L 前後消費している．3/28 の土取場の変更に伴いダンプ台数が大きく増加し，計測車両も増加した．

GNSS を元に計測した車両ごとの 1 日の運搬距離も計測したデータを図-6 に示す．土取場の変更後の走行距離はどの車両もほぼ一定である．

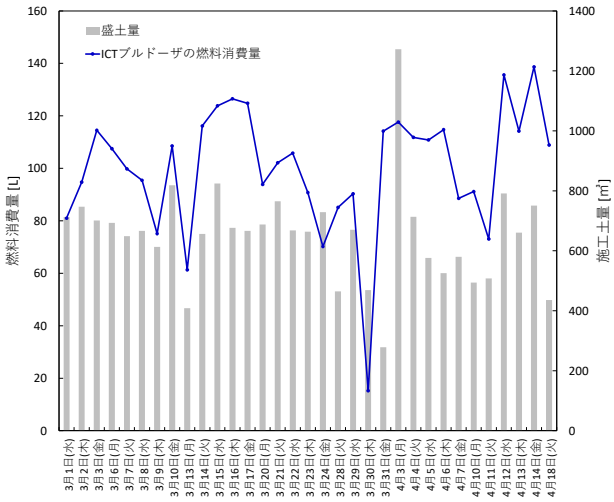



図-4 ICT ブルドーザの燃料消費量

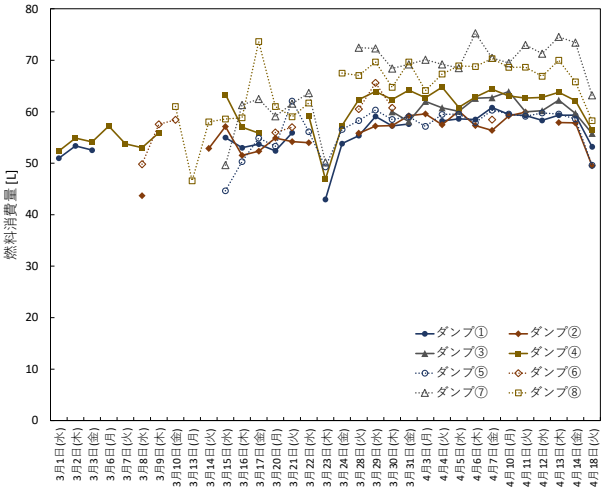



図-5 ダンプトラックの燃料消費量

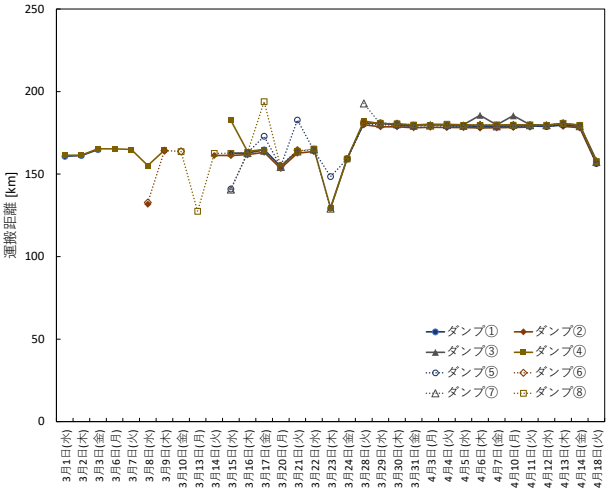



図-6 ダンプトラックの運搬距離

また，計測車両の燃料消費量と運搬距離から**図-7** の通り燃費を計測した．同様の走路を走行しているにもかかわらず燃費に差が見られ，要因分析を検討している．

### (3) 積込み・運搬作業の燃料消費量の可視化

車両情報取得端末で計測したダンプトラックの燃料消費量を元に計算した車両 1 台当たりの平均燃料消費量に対して，受注者からヒアリングしたダンプトラックの稼働台数と周回数から，運搬工程のダンプトラック全台の燃料消費量を推定した．計測した 1 日当たりの盛土の施工土量を締固め率 0.9 で除した上で土砂の単位体積重量 1.6 を乗じることで，運搬土量を推定した．土取場の油圧ショベルについては，Komtrax で計測した燃料消費量を利用した．

積込み及び運搬の燃料消費量と運搬土量を**図-8** に示す．積込み工程と比較して，運搬工程に使用する燃料がはるかに大きく，本工事における機械土工の燃料消費量は，ダンプトラックが大きく占めていることが分かった．また，3/28 の土取場の変更に伴うダンプ台数と走行距離の増加の影響も，燃料消費量に表れている．

## 5. まとめと課題

本稿では，IoT 機器を活用した建設機械とダンプトラックの稼働情報の自動計測により，機械土工における施工工程全体の燃料消費量の可視化方法を検討し，施工中の築堤盛土工事において積込みから運搬，盛土作業の燃料消費量の可視化を実現できた．IoT 機器による自動計測のため，可視化の省力化と迅速化にも寄与できた．

今回は ICT ブルドーザによる敷均し，転圧を盛土の燃料消費量としてまとめて計測したが，今後は両工程の分別を検討している．計測した燃料消費量は，給油量との比較による精度検証が必要であると考えている．盛土の施工土量の計測にあたり仮置きを考慮していないため，実際の施工土量との誤差が生じていると思われる．今後はこれらの課題に取り組みながら，可視化した結果の利活用方法の検討も進めていく．

**謝辞**：検証にあたり，現場情報の提供など，発注者の国土交通省 関東地方整備局 利根川上流河川事務所にご協力いただきました．ダンプトラックの計測には株式会社東日本土木，現場 ICT サポートには株式会社埼玉測機社，建機レンタルには株式会社イマギイレ，車両情報取得端末は株式会社 EARTHBRAIN の山中氏にご協力いただきました．ここに記して感謝の意を表します．

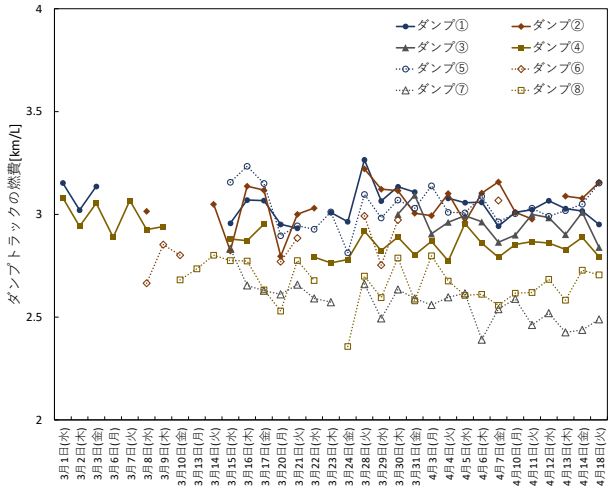



**図-7** ダンプトラックの平均燃費

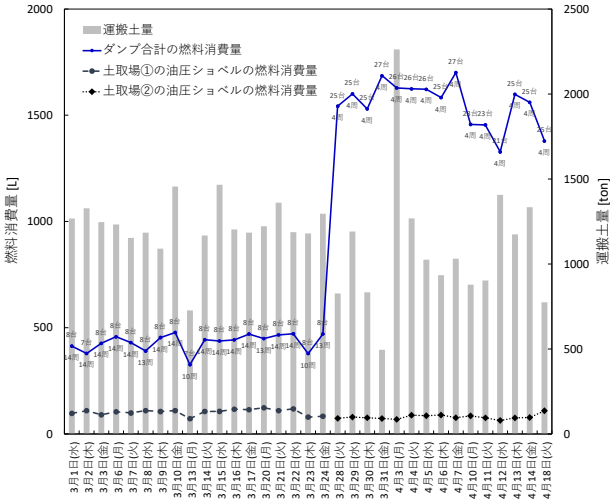



**図-8** ダンプトラックと油圧ショベルの燃料消費量

### 参考文献

1) 国土技術政策総合研究所：社会資本のライフサイクルをとおした二酸化炭素排出量の算出の手引き（案），p. 1-1，2019
2) 清水実，松村学樹：建設機械の稼働見える化による生産性向上，Komatsu technical report，Vol.65 No.172，pp. 13-18，2019
3) 川股幸博，板東幹雄：地図データを利用した燃料消費予測手法の大型作業車両への適用，情報処理学会論文誌，Vol.55 No.1，pp. 425-437，2014
4) 杉谷康弘，藤野 健一，石松豊：車載型計測装置による建設機械の排出ガス計測方法の検討，土木技術資料，Vol.53 No.7，pp. 10-13，2011
5) 平田昌史，山本達生，安井利彰，林まゆ，武部篤治，舟橋政司：車両速度とエンジン回転速度を用いたダンプトラックの省燃費運転評価手法の検討，Vol.68 No.1，pp. 42-57，2012