

ダンプトラックの省燃費運転評価手法の検討(その1)～積荷状況と燃料消費量の算定

前田建設工業株式会社 正会員 ○ 山本 達生 平田 昌史
 武部 篤治 林 まゆ
 安井 利彰 舟橋 政司

1. はじめに

建設施工現場では、エネルギー使用量の約7割をトラックや重機等が使用する軽油が占めているため¹⁾、建設車両に対する省燃費運転の教育・指導が、燃費向上およびCO₂削減に非常に効果的である²⁾。しかしながら、省燃費運転の実施状況を把握・評価するための一般的なエコドライブ車載機器は、設置に手間が掛かるため基本的に他車両への載せ換えが出来ないといった問題がある。建設施工現場では、工事の進捗や作業状況によって走行条件は日々変化し、これに伴いトラックや重機等も日々入れ替わることが多い。建設施工現場で省燃費運転の効果を一元的に管理するためには、車両を選ばず簡易に載せ替えが可能なエコドライブ車載機器が求められる。本研究では、簡易に載せ換え可能なエコドライブ車載機器を想定し、比較的容易に計測可能であると思われる車両速度とエンジン回転速度の2つのデータを用いて、ダンプトラックの積荷状況や燃料消費量の算定を試みた^{3),4)}。検討の対象としたのは、写真-1に示すトンネル現場の坑内を走行する重ダンプトラック(アーティキュレートダンプトラック)⁵⁾と、一般道を走行する土砂運搬用の10tダンプトラックである。表-1に、検討対象としたダンプトラックの車両諸元を示す。



写真-1 対象とするダンプトラック

表-1 ダンプトラックの車両諸元

	重ダンプトラック (MAEDA MDT30ET2)	10tダンプトラック (ISUZU CXZ51K4JNT)
車両長	8.380 m	8.075 m
車両幅	2.600 m	2.490 m
車両高	3.270 m	3.200 m
車両重量	19,500 kg	8,060 kg
最大積載重量	27,000 kg	11,700 kg
タイヤ動的負荷半径	0.630 m	0.508 m
トランスミッション	6AT	6MT
種類	DI, TI	DI, TI
内径×行程	114 mm × 135 mm	147 mm × 140 mm
シリンダ数・配置	直列6気筒	直列6気筒
総排気量	8,270 cc	14,256 cc
最高出力	240 PS / 2,100 rpm	330 PS / 1,750 rpm
最大トルク	900 N・m / 1,400 rpm	1,422 N・m / 1,000 rpm

※ 1 PS (馬力) = 0.7355 kW

2. ダンプトラックの積荷状況の分析

省燃費運転教育の主な目的は燃費の向上である。このため、省燃費運転の実施状況は燃費を用いて定量的に評価する必要がある。走行時の加速度やギア位置、ダンプトラックの積荷状況等といった運行状況を把握することが重要となる。特に、建設現場で使用するダンプトラックは積載重量が大きいので、積荷状態が燃費に多大な影響を及ぼす。本検討では、ダンプトラックの積荷状態が図-1に示すような空車・荷積み・実車・荷下しの4つの状態に大別されると考え、車両速度とエンジン回転速度を用いて分析を行った。この場合、荷下し作業はダンプアップを行うため通常のアイドリングよりもエンジン回転速度が高くなることに着目すると、車両速度とエンジン回転速度から荷下し作業の判定が可能である。また、ダンプトラックの運行は基本的に土取り場と荷下し場の往復であるため、荷下し作業間の移動距離から、荷積み作業も判定することも可能である。実車および空車については、荷積みから荷下しまでの間が実車、荷下しから荷積みまでの間が空車と判定すれば良い。

図-2は、車両速度とエンジン回転速度から計算した10tダンプトラックの荷積み・荷下しの判定結果と、ドライバーが記録した荷積み・荷下しの管理日報の一例である。この図を見ると、判定結果と管理日報による荷積み・荷下し時刻は一致していることがわかる。なお、重ダンプ

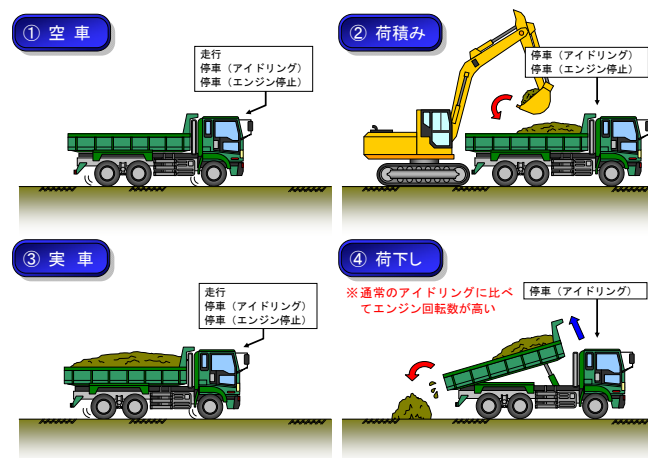


図-1 ダンプトラックの積荷状態の分類

キーワード ダンプトラック、省燃費運転、車両速度、エンジン回転速度、燃費

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 Tel 03-3977-2355 Fax 03-3977-2251

トラックの運行データに対して実施した判定結果についても、管理日報による荷積み・荷下しと一致する結果が得られている。

3. ダンプトラックの燃料消費量の算定

車両の燃料消費量は、エンジンが発揮する軸トルクとエンジン回転速度によって一意に決定されるものである。本検討では、ダンプトラックの運転状況・積荷状況から軸トルク T を次のように計算した。

$$T = \frac{g}{\eta_m \cdot \eta_f} \cdot \frac{r}{i_m \cdot i_f} \cdot (R_a + R_r + R_c) \quad (1)$$

式中の g は重力加速度、 η_m および η_f は変速機・終減速機の伝達効率、 i_m および i_f は変速機・終減速機のギア比、 r はタイヤの動的負荷半径である。また、 R_a は空気抵抗、 R_r は転がり抵抗、 R_c は加速抵抗であり、以下の式⁶⁾を用いて算定している。

$$R_a = \mu_a \cdot A \cdot v^2 \quad (2)$$

$$R_r = \mu_r \cdot M \quad (3)$$

$$R_c = \frac{\alpha}{3.6} \cdot \frac{M + \Delta M}{g} \quad (4)$$

μ_a は空気抵抗係数、 μ_r は転がり抵抗係数、 M は車両重量、 ΔM は加速時の回転部分相当重量である。なお、 μ_r はメーカーから入手した代表値を用い、 μ_a および ΔM は文献⁶⁾に倣い推定している。また、実車時の車両重量 M については、最大積載重量まで荷積みすると仮定している。以上の様に計算した軸トルクおよび計測したエンジン回転速度から、図-3 に示すエンジン燃費マップを用いてダンプトラックの燃料消費量を求めた。なお、燃費はこの燃料消費量を走行距離で割ることによって求められ、CO₂ 排出量はこの燃料消費量に原単位をかけることによって求めることが可能である。図-4 は、燃料消費量の計算結果と実測値の比較である。燃料消費量の実測値は、検証のために別途車両に取り付けた燃料流量計による値である。燃料消費量の計算結果と実測値は精度良く一致している。また、空車時と実車時の燃料消費量についても計算結果と実測値は精度良く一致しており、ダンプトラックの積荷状況判定の分析精度の高さも伺える。

4. まとめ

本研究では、建設施工現場における2種類のダンプトラックを対象として、車両速度とエンジン回転速度の2つのデータを用いて、積荷状況および燃料消費量の算定を試みた。算定したダンプトラックの燃料消費量は、実際に測定した燃料消費量と高い精度で一致しており、簡易な計測でも燃費やCO₂排出量を定量的に評価することが十分に可能であることが伺える。

【参考文献】

- 1) 建設三団体 地球温暖化防止対策ワーキンググループ：2009年度CO₂排出量調査報告書，2010.9.
- 2) 建設三団体：建設業の環境自主行動計画，第4版（改訂版），2010.
- 3) 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，土木学会論文集（投稿中）
- 4) 平田昌史，山本達生，安井利彰，林まゆ，武部篤治，舟橋政司：ダンプトラックを対象とした省燃費運転評価手法の検討，自動車技術会論文集（投稿中）
- 5) 山本達生，武部篤治，遠藤正史，伊藤雅一，舟橋政司：建設重機の省燃費運転支援ツールを活用したCO₂削減技術に関する検討，土木学会第65回年次学術講演会，VII-093，pp.185-186，2010.
- 6) 野田明，佐藤由雄，佐藤辰二，塚本雄次郎：トラック，バス等の重量車に対する燃費評価法の研究（第3報）PCで動作する重量車燃費評価用シミュレーション開発ソフトの概要と適用例，平成12年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要，Vol.30，pp.117-120，2000.

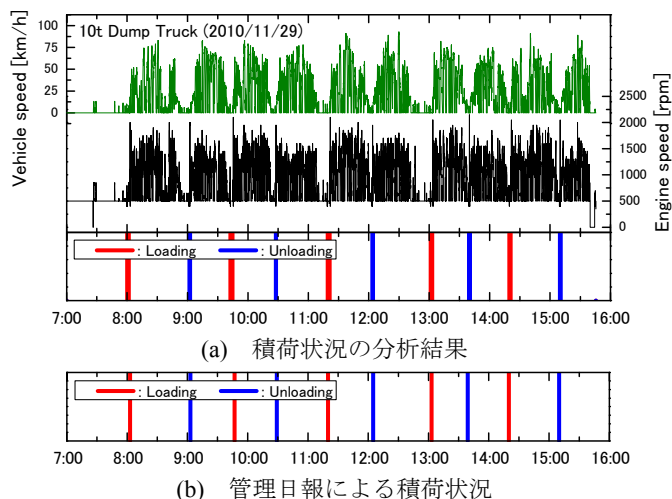


図-2 10t ダンプトラック積荷状況の分析結果と日報の比較

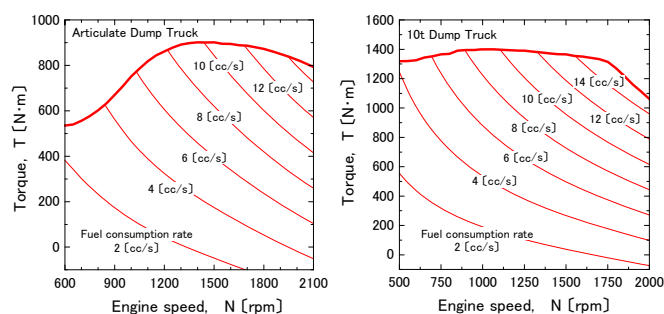


図-3 エンジン燃費マップ

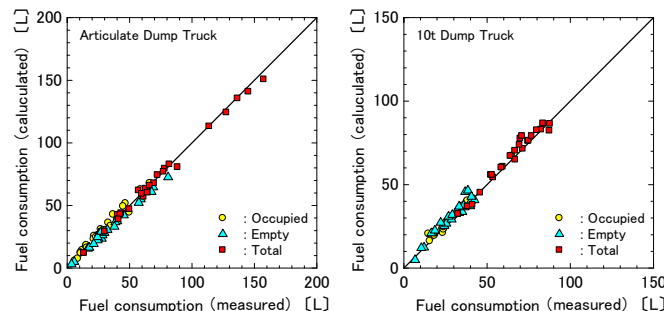


図-4 燃料消費量の算定結果と実測値の比較