

# 21405 ダンプトラックの運転操作が燃料消費へ及ぼす影響

## Influence on Fuel Consumption by Operation of Dump Truck

○富永 融 (横浜国大院) 正 高田 一 (横浜国大) 正 松浦 慶総 (横浜国大)

Yu Tominaga Yokohama National University, Tokiwadai 79-5, Hodogayaku, Yokohama

Hajime Takada, Yokohama National University, Tokiwadai 79-5, Hodogayaku, Yokohama

Yosifusa Matuura, Yokohama National University, Tokiwadai 79-5, Hodogayaku, Yokohama

For a background of rising oil prices in recent years, mining machinery has been promoted energy saving. Rising oil prices became a cause which swells the necessary expenses of a mining enterprise. In the dump truck, it is made improvement in the fuel consumption by technical improvement of an engine or transmission. However fuel-saving effect is greater still in the driver's driving operations. In this research, we analyze the running index obtained from the data of the dump truck traveling. We conduct multiple linear regression analysis and clarify the run index which reduces fuel consumption. And we established the optimal run method in this research.

**Key Words:** Dump Truck, Road Condition, Influence on Fuel Consumption, Mine

### 1. はじめに

世界の資源需要は増加し、世界の鉱山において生産の拡大に伴い鉱山機械の需要も増加している。それに反して、国際的な原油価格高騰によって鉱山機械の燃料費も上昇し、鉱山事業の必要経費を膨らませる原因となった。特に運搬作業に従事するダンプトラックは移動距離が長いので、他の建設機械と比べて最も多くの稼働台数が必要となる。また、運搬機械のサイクルタイムが工事全体で占める割合も大きなことが多い。従って、運搬作業時におけるコストを低減することで生産性向上の効果も大きいと言える。

本研究では、ダンプトラックの走行データから走行条件別に区間走行速度や分散、ブレーキ操作時間等の走行指標と区間消費燃費との相関関係から消費燃費を減らす要因を明らかにする。

### 2. ダンプトラックの走行実験の概要

本実験では現在作業中の鉱山で運行しているダンプトラックを使用している。走行実験に用いた車両はHD785-7(コマツ)であり、重量が72.3トンのメカダンプトラックである。その諸元をTable1に記す。

Table1 Vehicle spec.

車両形式	HD785-7
車両重量(空車)	72300kg
最大車両総重量	163380kg
エンジン形式	直噴式(ターボ・アフタクーラ)
総排気量	30480cc
定格出力 ネット	1195ps/1900rpm
変速機	7速オートマチック

被験者は鉱山現場に勤務しているダンプトラックのオペレータを用意した。運転操作が燃費に及ぼす影響を探るため、被験者には指示を与えずあらかじめ定めた走行区間を普段通りに運転してもらった。実験で走行したコースを3次元で描いた外形をFig. 1に示す。グラフ上でXY軸の1目盛りは555mである。被験者は廃土場から空車状態で走行を開始してもらい、積載場で土砂を詰め込んだ後、積載

状態で再び廃土場まで戻るという作業を1サイクルと定め、各被験者に1サイクル走行させた。実験では合計で8つのサンプルデータを得ることができた。

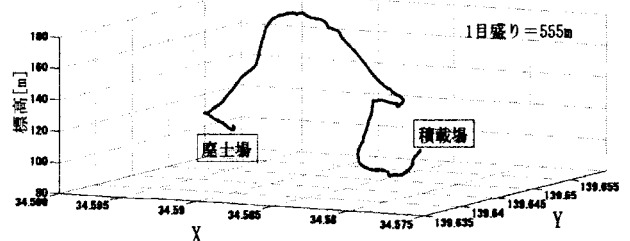


Fig. 1 Outline of the travel route

測定データは車載しているGPS(Global Positioning System)から経緯度、標高の位置情報と車両走行速度と移動距離が計測される。また実車速度、シフト計、シフトレバー位置、エンジントルク、エンジン回転数、フットブレーキ・リターダブレーキの操作状態、アクセル操作量、車体ピッチ角度などは車体に取り付けた傾斜計やエンジンなどの制御電子信号から取得した。道路勾配は、車両の加速、減速する際の車両傾きの影響が大きく正確な路面勾配を割り出すことが困難であった。したがって、GPSの高度データと車両移動距離から路面勾配を百分率で計算した。

### 3. 走行指標

走行実験の現場には筆者は立ち会っていないため、ダンプトラックの操縦者が異なる人物かどうかの判断ができない。本研究では走行実験から比較的容易に得られる走行指標として、Table 2に示す13項目を採用した。

#### 3-1 惰性走行率

アクセルとブレーキの操作がない状態を惰性走行。ある区間における総時間に対する惰性走行時間の割合を惰性走行率という。一般に惰性走行を多く行う場合の方がエコドライブと言われているためこの値を使用する。

### 3-2 加速度歪度

この加速度歪度は加速分散の影響を受けにくいため、道路幾何構造の影響を受けにくく、また加速と減速の強弱の具合を示すものであるため、ドライバーのブレーキ、アクセルの強弱の性格と、自動車の機械的特性の混在したものを示すと考える。

### 3-3 アクセル開度の割合

ダンプトラックのアクセルは一般乗用車と比べその反力が大きく操縦者がアクセルを操作する際には一定の踏みこみ量まで一瞬で踏みこんでから調節する場合が多い。そのためある区間におけるアクセル開度を把握しやすいと思われる。本研究ではアクセルの開度を80%以上、80~60%、60~40%、40~20%といったアクセル操作の分類を行い全アクセル操作における開度別の頻度の値を用いた。

Table2 Running index

No.	走行指標	No.	走行指標
1	平均速度 [m/s]	8	加速度歪度 [-]
2	速度の標準偏差 [m/s]	9	減速頻度 [回]
3	平均加速度 [m/s <sup>2</sup> ]	10	アクセル開度80%割合 [%]
4	加速度の標準偏差 [m/s <sup>2</sup> ]	11	アクセル開度60%割合 [%]
5	ブレーキ操作時間 [s]	12	アクセル開度40%割合 [%]
6	慣性時間 [s]	13	アクセル開度20%割合 [%]
7	慣性走行率 [%]		

## 4. 結果および考察

### 4.1 重回帰分析

鉱山現場では起伏の激しい路面が多く一定勾配の路面が少ない。したがって走行路面の状態により運転傾向や燃費に影響する指標が異なる可能性がある。本稿では勾配値が±3%の範囲を平地区間、3~8%を緩やかな上り坂、-3~-8%を緩やかな下り坂と定義し、路面状態と車両が積載か無積載の状態に分けた後、それぞれの場合における燃費を目的変数、走行指標を説明変数として重回帰分析を行った。なおダンプトラックの消費燃料は積載物の有無により大きく左右されるため、目的変数として使用する燃費は空車走行では燃料消費量[L]、積載走行時では積載重量を加味した[ml/ton]を燃費単位とした。

Table3 Multiple regression coefficient

変数	空車走行			積載走行		
	平地	緩下り	緩登り	平地	緩下り	緩登り
1 平均速度 [m/s]			0.038	-0.098	-2.0	
2 速度の標準偏差 [m/s]	0.058	0.026				1.8
5 ブレーキ操作時間 [s]		0.12				
6 慣性時間 [s]	0.029					
7 慣性割合 [%]				-0.18	0.29	
9 加速度歪度 [-]						-2.1
10 減速頻度 [回]	-0.25			0.17		
11 アクセル開度80%割合 [%]		0.031				
重回帰係数	0.87	0.81	0.99	0.88	0.85	0.99
定数項	0.019	0.060	-1.1	7.4	5.8	101

各走行状態の路面勾配別の重回帰係数を Table3 に示す。変数番号は Table2 にある変数名と一致する。説明変数の決定方法は燃費との偏相関係数が0.6以上であるものを選び、変数減少法を用いて重回帰分析における決定係数が一番高いモデルを選択した。この表から路面状態と走行状態により回帰式を生成する指標が異なることが分かる。また重回帰係数がすべて0.8以上となっており予測精度が高いことがうかがえる。

空車走行時の平地区間走行の場合、速度の標準偏差、ブレーキ操作時間、慣性時間が燃費を決定づけるものとなることが分かる。これはダンプトラックが大重量のため、路面との摩擦力が大きくアクセルを離したならば走行速度の低下につながり速度が低下した分、再びアクセルを踏み込めば余分な燃料が消費されると考える。

下り勾配では速度の標準偏差とアクセル開度が80%以上の割合が燃費を決定づけておりアクセル開度が高域にあるほど走行速度の変化を大きくする要因となり燃費が悪いことが示唆できる。上り勾配では平均速度が燃費を決定づける。次に積載状態の説明を行う。積載状態の平地走行では慣性走行率とアクセル開度80%割合が燃費を決定し、アクセル開度の高域を多用した場合燃費が悪くなる一方、一旦加速度がついてしまえば重量が重いことから車両が持つ運動エネルギーが大きく慣性走行を多く行うことで燃費を減らえることがこの指標からうかがうことができる。下り勾配では平均速度と減速頻度が燃費を左右することが分かる。減速頻度を抑えることで走行速度を高められることからブレーキの多用を避けることで燃費改善ができる可能性がある。上り勾配では平均速度と速度の標準偏差、加速度歪度が燃費を決め、できるだけ高い走行速度を維持し減速を防ぐ運転が必要となってくる。しかし積載状態ではのぼり勾配を走行するとき、どうしても減速するので上り勾配へ進入する前でもいかに加速できるのかが重要だと考える。

### 4.2 走行方法検討

2つのサンプルを例にとってみると Fig. 2 に平地走行区間と上り坂区間の燃料消費量とその二つの区間の合計量を棒グラフに示した。ダンプトラックは上り坂区間を経て平地区間を走行している。サンプル3, 7のデータがあり、サンプル3では上り坂区間での燃料消費が少なく平地区間での消費量が大きかった。一方サンプル7ではその逆の結果になる。しかし二つの区間の燃料消費の合計値を見るとほとんど等しいことが分かる。この場合、二つの区間を足合わせた場合の走行時間はサンプル3が29.2秒、サンプル7が25.2秒であった。このことから同一区間を走った場合燃料消費が等しいにもかかわらず区間走行時間が大きく異なることが分かった。つまり、上り区間で燃費を多く消費し高速走行したほうが平地で速度上昇させるよりは走行時間の短縮につながる。

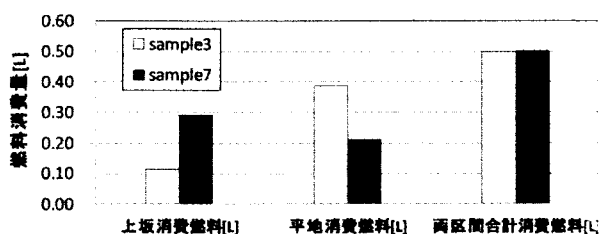


Fig. 2 Fuel consumption of uphill and downhill section

## 5. まとめ

積載状態のほか路面状態についての重回帰係数の結果から走行状態による燃費に影響する因子が分かった。また二つの走行区間の状態を調べ、効率運転の可能性を示した。

### 参考文献

- (1) 野田宏治ら, 自動車の走行指標を用いた運転技術評価に関する研究, 土木学会論文集, No. 494, 34~145(1994)